ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 NOVEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 21 novembre 1938, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Paul Wintrebert** pour occuper dans la Section d'Anatomie et Zoologie la place vacante par le décès de M. *F. Mesnil*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Paul Wintrebert** prend place parmi ses Confrères.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Composition azotée des feuilles panachées.* Note de MM. **Marin Molliard**, **Robert Échevin** et **Arthur Brunel**.

Divers auteurs (Church, Molliard, Gransire etc.) ont montré que les feuilles présentant le phénomène de l'albinisme se distinguent en particulier par un taux élevé de l'azote soluble. Reprenant l'étude de cette question, nous avons cherché à préciser la manière dont se comportent à cet égard les différents composés azotés et à comparer les résultats fournis, d'un côté par les feuilles albinisées d'origine microbienne, et d'autre part par les feuilles dont l'atténuation de la chlorophylle résulte de l'action d'une atmosphère enrichie en oxygène et dont l'aspect n'est pas sans rappeler celui des feuilles jaunes d'automne.

Dans tous les cas, les feuilles étaient desséchées dans le vide, à la température du laboratoire, en présence de chlorure de calcium, puis broyées au moulin; la poudre épuisée par l'acide trichloracétique fournit : 1° un filtrat, qui est kjeldalisé et renseigne sur la quantité d'azote soluble; 2° un résidu qui donne par le même traitement l'azote protéique. L'azote des

nitrates et nitrites a été déterminé par la réaction que donnent ces substances avec le liquide hydrostrychnique de Denigès et le dosage spectrophotométrique correspondant.

L'azote ammoniacal a été évalué par distillation sous le vide, à une température inférieure à 50°, d'une fraction de l'extrait trichloracétique, introduit dans l'appareil de Yovanovitch, et à laquelle on ajoutait un excès de carbonate de lithium; l'ammoniaque était recueillie sur de l'acide sulfurique décinormal.

L'azote amidé était évalué par la méthode de Sachs, consistant à transformer les amides en ammoniaque.

L'azote allantoïque a été dosé par la méthode spectrophotométrique établie par Fosse, Brunel et Thomas. L'allantoïne a été dosée en la transformant en acide allantoïque par l'action de l'allantoïnase préparée à partir des graines de Soja; le dosage est le même que le précédent et il suffit de retrancher du résultat obtenu l'acide allantoïque préformé qu'on vient de déterminer d'autre part.

L'azote des fonctions aminées a été évalué par la méthode de Van Slyke, consistant à mesurer l'azote gazeux qui se produit sous l'action de l'acide nitreux en présence des acides aminés.

Les plantes sur lesquelles ont porté tout d'abord nos analyses se rapportent à deux espèces qui se présentent communément sous la forme verte normale, la forme panachée et enfin la forme entièrement blanche; ce sont l'*Acer Negundo* et le *Pelargonium zonale*, variété Mme Salleron.

Les résultats obtenus pour ces plantes sont consignés dans le tableau qui suit, où les nombres expriment en milligrammes les teneurs correspondant à 100^g^ de substance sèche :

	Azote								
	total.	protéique.	soluble.	nitrique.	ammon.	amidé.	de l'allantoïne.	de l'acide allantoïque.	aminé.
				Acer Negundo.					
Feuilles vertes............	3360	3010	350	traces	0	0	traces	traces	138
Feuilles panachées	4030	3421	609	traces	31	53	39	72	191
Feuilles blanches..........	6790	3610	3180	88	262	215	796	956	641
				Pelargonium zonale var. *Mme Salleron.*					
Feuilles vertes............	4213	3300	601	traces	41	42	0	traces	306
Feuilles panachées	4207	3294	913	traces	103	71	traces	traces	321
Feuilles blanches (juillet)...	5113	3446	1647	90	203	229	traces	58	783
Feuilles blanches (octobre).	6671	2940	3731	153	328	636	traces	103	1378

Les principaux faits qui se dégagent de ce tableau sont les suivants : en premier lieu il se produit une augmentation notable de l'azote total en fonction de l'intensité de la panachure, mais cette augmentation provient surtout de l'accumulation de l'azote soluble, et il est normal de penser qu'il s'agit pour ce dernier d'une absence d'utilisation et d'une synthèse atténuée des matières protéiques. Nous constatons d'autre part que l'azote des nitrates et nitrites, à peine décelable chez les feuilles vertes ou panachées, subsiste en quantité appréciable dans les feuilles entièrement blanches des deux espèces envisagées.

Pour l'*Acer Negundo*, dont les feuilles vertes ne contiennent que des traces d'allantoïne et d'acide allantoïque, nous constatons une énorme accumulation de ces deux uréides glyoxyliques dans les feuilles partiellement ou totalement dépourvues de chlorophylle; on sait que les substances en question ont été signalées et étudiées pour la première fois par Fosse chez les jeunes pousses, à peine chlorophylliennes, d'un autre Érable, l'*Acer Pseudo-Platanus*.

Dans une moindre proportion, mais encore notable, nous voyons aussi augmenter sensiblement l'azote aminé, l'azote amidé et l'azote ammoniacal, l'ensemble de ces substances ayant la même signification que les précédentes.

Pour le *Pelargonium zonale* étudié, les résultats ne sont pas sensiblement différents, mais ici l'allantoïne et l'acide allantoïque, encore présents, jouent un rôle beaucoup plus effacé, et l'augmentation de l'azote soluble porte surtout sur l'azote aminé, l'azote amidé et l'ammoniaque.

Il nous reste à considérer comment se comportent à l'égard des substances azotées les plantes qui subissent l'action d'une atmosphère enrichie en oxygène et dont le pigment chlorophyllien est de ce fait notablement atténué. Les expériences mettant en évidence cette action (Molliard) ont porté sur le Radis et ont été reprises en vue d'établir le retentissement sur la composition azotée; les cultures aseptiques ont été effectuées dans des vases où était maintenu un courant d'air de teneur en oxygène variable avec les différents lots; les racines se développaient dans le même milieu gélosé et sucré; ces plantes ont été comparées d'autre part à des Radis qui se sont développés simultanément sur de la terre, à la même lumière que les précédents.

Les organes verts, récoltés au bout de 40 jours de culture, ont été desséchés comme les feuilles des espèces qui viennent d'être envisagées, et ont donné à l'analyse les résultats qui suivent, rapportés en milligrammes d'azote à 100^{g} de substance sèche.

Radis.	Azote total.	protéique.	soluble.	nitrique.	ammon.	amidé.	aminé.
Culture normale.....	3827	3198	629	162	37	52	211
Milieu sucré.							
5 % d'oxygène..	2740	1950	790	63	34	113	203
20 % » ..	3132	2276	856	72	44	127	262
30 % » ..	4700	3176	1524	370	51	257	482
40–50 % » ..	3690	2558	1130	252	65	163	363

Ce tableau ne comprend plus de nombres relatifs à l'azote des uréides glyoxyliques, qui n'existent pas, ou seulement à l'état de traces à peine décelables dans les feuilles du Radis.

Nous retrouvons une augmentation notable de l'azote nitrique pour les feuilles développées dans une atmosphère dont la teneur en oxygène est de 30 à 50 pour 100, par rapport à celles dont la croissance s'est effectuée en présence de 20 ou de 5 pour 100 d'oxygène; on retrouve ici une inaptitude des feuilles en partie dépigmentées à réduire les nitrates et le phénomène apparaît comme indépendant du mécanisme qui a présidé à l'atténuation du pigment vert.

Nous constatons d'autre part un accroissement du taux de l'azote soluble chez les Radis qui ont cru en présence d'un air enrichi en oxygène et dont les feuilles témoignent par leur coloration d'un début de destruction du pigment vert; cette accumulation d'azote soluble porte sur les fonctions amine, amide et ammoniacale; les acides aminés sont seuls à jouer le rôle qu'ils partageaient chez les plantes panachées que nous avons considérées avec les uréides glyoxyliques.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages M. **P. Lebeau** est élu Membre de la *Commission de Contrôle de la circulation monétaire* en remplacement de M. *G. Urbain* décédé.

Par la majorité absolue des suffrages M. **Wander J. de Haas** est élu Correspondant pour la Section de Physique générale en remplacement de M. *Ch.-Ed. Guillaume* décédé.

Par la majorité absolue des suffrages M. **Israël Holmgren** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. *I. Pavlov* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The Geometry of Determinantal Loci* by T. G. Room.

2° Encyclopédie entomologique. XX. *La Biologie des Orthoptères* par Lucien Chopard (présenté par M. L. Bouvier).

M. **Armand Lambert** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Astronomie par le décès de M. *A. de la Baume Pluvinel.*

M. **André Kling** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Division des Académiciens libres.

ALGÈBRE. — *Sur les anneaux linéaires.*

Note (1) de M. **Stanislaw Mazur**, présentée par M. Élie Cartan.

Un ensemble $\mathfrak{A}$ (d'éléments quelconques) est dit un *anneau linéaire*, lorsque la multiplication αA des nombres réels α par les éléments A, l'addition $A+B$ et la multiplication AB des éléments A, B de cet ensemble sont définies de façon que : 1° $\mathfrak{A}$ soit un espace linéaire par rapport aux opérations αA et $A+B$; 2° $A(BC)=(AB)C$, $A(B+C)=AB+AC$, $(B+C)A=BA+CA$, $(\alpha A)(\beta B)=(\alpha\beta)(AB)$. Un élément I, tel que $IA=AI=A$ s'appelle un *élément-unité*. Un anneau linéaire $\mathfrak{A}$ est dit *commutatif*, lorsque $AB=BA$. Un anneau linéaire $\mathfrak{A}$ *a un nombre fini de dimensions*, s'il existe des éléments $A_1, A_2, \ldots, A_n$, tels que chaque élément A s'exprime sous la forme $A=\alpha_1 A_1+\alpha_2 A_2+\ldots+\alpha_n A_n$,

(1) Séance du 14 novembre 1938.

où $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ sont des nombres réels; dans le cas contraire on dit que $\mathfrak{A}$ est un anneau *à une infinité de dimensions*. On appellera un anneau linéaire $\mathfrak{A}$ un *domaine linéaire d'intégrité* (resp. *de rationalité*), lorsque l'équation $AX = B$, ainsi que l'équation $XA = B$, admet pour $A \neq 0$ au plus une (resp. exactement une) solution. L'anneau linéaire $\mathfrak{A}$ est *isomorphe* à l'anneau linéaire $\mathfrak{B}$, s'il existe une représentation $\Phi(X)$ biunivoque de $\mathfrak{A}$ sur $\mathfrak{B}$, telle que

$$(1)\quad \Phi(\alpha A) = \alpha\Phi(A), \qquad \Phi(A+B) = \Phi(A) + \Phi(B), \qquad \Phi(AB) = \Phi(A)\,\Phi(B).$$

Un anneau linéaire $\mathfrak{A}$ sera dit *du type* (B^*), si l'on a défini une *norme* $|A|$, c'est-à-dire une fonctionnelle, telle que : 1° $|A| > 0$ pour $A \neq 0$; 2° $|\alpha A| = |\alpha|\,|A|$; 3° $|A+B| \leq |A| + |B|$; 4° $|AB| \leq |A|\,|B|$. $\mathfrak{A}$ est alors un espace linéaire normé par rapport aux opérations αA, $A+B$ et la norme $|A|$; s'il est complet, $\mathfrak{A}$ sera dit un anneau *du type* (B). L'anneau $\mathfrak{A}$ du type (B^*) est *isomorphe* (resp. *équivalent*) à l'anneau $\mathfrak{B}$ du type (B^*), s'il existe une représentation $\Phi(X)$ homéomorphe (resp. isométrique) de $\mathfrak{A}$ sur $\mathfrak{B}$, satisfaisant aux conditions (1) [2].

D'après un théorème bien connu de G. Frobenius, chaque domaine linéaire d'intégrité à un nombre fini de dimensions est isomorphe à un des domaines de rationalité suivants : celui des nombres réels, des nombres complexes ou des quaternions. La démonstration de ce théorème donnée par M. L. Dickson [3] fait savoir aisément que :

a. Chaque domaine linéaire d'intégrité à une infinité de dimensions pourvu d'un élément-unité, contient un domaine linéaire d'intégrité isomorphe à celui de tous les polynomes à coefficients réels;

b. Chaque domaine linéaire de rationalité à une infinité de dimensions contient un domaine linéaire de rationalité isomorphe à celui de toutes les fonctions rationnelles à coefficients réels.

L'adjonction d'un élément-unité étant toujours possible, il découle facilement de *a* que

c. Chaque domaine linéaire d'intégrité à une infinité de dimensions contient un domaine linéaire d'intégrité isomorphe à celui de tous les polynomes à coefficients réels, nuls au point zéro.

Le résultat principal de la Note présente est le

---

(2) Quant aux définitions employées, voir M. Nagumo, *Jap. J. Math.*, 13, 1936, p. 61-80.

(3) L. E. Dickson, *Algebren und ihre Zahlentheorie*, 1927, p. 43-46.

THÉORÈME I. — *Chaque domaine de rationalité du type* (B^*) *est isomorphe au domaine de rationalité des nombres réels, des nombres complexes ou des quaternions.*

On démontre ce théorème en établissant la non-existence d'une norme dans le domaine de rationalité de toutes les fonctions rationnelles à coefficients réels, et s'appuyant sur le théorème de Frobenius et la remarque *b*.

COROLLAIRE. — $A(x)$ *étant une transformation linéaire d'un espace linéaire normé en une de ses parties, il existe des nombres réels* α *et* β, *tels que ou bien l'équation* $A^2(x)+\alpha A(x)+\beta x=0$ *admette une solution non nulle, ou bien l'équation* $A^2(x)+\alpha A(x)+\beta x=y$ *n'admette pas de solution pour certains* y.

En s'appuyant sur la remarque *c*, on déduit du théorème I le

THÉORÈME II. — *Chaque anneau du type* (B^*), *dont la norme satisfait à la condition* $|AB|=|A|\,|B|$, *est équivalent au domaine de rationalité des nombres réels, des nombres complexes ou des quaternions.*

Lorsque $\mathfrak{A}$ est un anneau linéaire pourvu (respectivement non pourvu) d'un élément-unité, l'élément A sera dit *algébrique d'ordre* $\leqq n$, si $A^n+\alpha_1 A^{n-1}+\ldots+\alpha_n I=0$ (resp. $A^n+\alpha_1 A^{n-1}+\ldots+\alpha_{n-1}A=0$), où $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ (resp. $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{n-1}$) sont des nombres réels; si l'élément A n'est pas algébrique d'ordre $\leqq n$ quel que soit n, il sera dit *transcendant.*

En raisonnant comme dans la démonstration du théorème analogue relatif aux nombres algébriques ordinaires ([1]), on obtient

d. Si A et B sont des éléments algébriques d'un anneau linéaire, d'ordre $\leqq p$ resp. $\leqq q$, et si $AB=BA$, alors $A+B$ et AB sont des éléments algébriques d'ordre $\leqq pq$.

En s'appuyant sur les remarques *c* et *d* on obtient encore le

THÉORÈME III. — *Si un anneau commutatif du type* (B) *ne contient pas un domaine linéaire d'intégrité à une infinité de dimensions, il existe un nombre* n *tel que chaque élément est un élément algébrique d'ordre* $\leqq n$.

Ce théorème cesse d'être vrai dans le cas des anneaux commutatifs du type (B^*); la question de sa validité dans le cas des anneaux arbitraires (non nécessairement commutatifs) du type (B) n'est pas résolue. L'hypothèse $AB=BA$ dans la remarque *d* est essentielle : dans certains anneaux linéaires il existe des éléments A et B, tels que $A+B$ et AB sont transcendants, bien que A et B soient algébriques d'ordre $\leqq 2$.

([1]) E. LANDAU, *Einführung in die elementare und analytische Theorie der algebraischen Zahlen und der Ideale*, 1927, p. 6-7.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Quelques généralisations relativistes des équations fondamentales de la mécanique analytique.* Note [1] de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations canoniques de Hamilton ont été généralisées grâce à l'introduction de plusieurs variables indépendantes [2]. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de pousser la tentative de généralisation aussi loin que possible, en partant d'un principe variationnel *tensoriel* et non pas scalaire, comme on le fait habituellement. On aboutit ainsi aux équations canoniques faisant intervenir un *hamiltonien tensoriel*.

Voici quelques cas relativement simples que nous avons examinés.

Premier cas. — Nous partons du principe variationnel [3].

$$(1, 1) \qquad \delta \underbrace{\int \ldots \int}_{\nu} \mathcal{L}_\alpha\left(q_\beta^{(k)}, \frac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\gamma}, x_\gamma\right) d\Omega = 0.$$

En posant

$$(1, 2) \qquad p_\alpha^{(k)} = \frac{\partial \mathcal{L}_\alpha}{\partial\left(\dfrac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\gamma}\right)}, \qquad \delta \mathrm{H}_\alpha = -\frac{\partial \mathcal{L}_\gamma}{\partial q_\alpha^{(k)}} \delta q_\gamma^{(k)} + \frac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\alpha} \delta p_\gamma^{(k)},$$

les équations canoniques que nous obtenons sont

$$(1, 3) \qquad \frac{\partial \mathrm{H}_\alpha}{\partial p_\beta^{(k)}} = \frac{\partial q_\beta^{(k)}}{\partial x_\alpha}, \qquad \frac{\partial \mathrm{H}_\alpha}{\partial q_\beta^{(k)}} = -\frac{\partial p_\beta^{(k)}}{\partial x_\alpha},$$

qui admettent le théorème de Jacobi, défini par les équations

$$(1, 4) \qquad \mathrm{H}_\alpha = -\frac{\partial \varphi}{\partial x_\alpha}, \qquad p_\alpha^{(k)} = \frac{\partial \varphi}{\partial q_\alpha^{(k)}}, \qquad b_\alpha^{(k)} = \frac{\partial \varphi}{\partial a_\alpha^{(k)}}.$$

Les équations canoniques (1, 4) et (1, 5) entraînent l'équation de continuité $\partial \mathrm{H}_\alpha / \partial x_\alpha = 0$.

Deuxième cas. — Nous partons du principe variationnel

$$(2, 1) \qquad \delta \underbrace{\int \ldots \int}_{\nu} \mathcal{L}_\alpha\left(q_{\beta\gamma}^{(k)}, \frac{\partial q_{\beta\gamma}^{(k)}}{\partial x_\gamma}, x_\gamma\right) d\Omega = 0.$$

---

(1) Séance du 21 novembre 1938.

(2) Cf. Th. De Donder, *Théorie invariantive du Calcul des variations*, 2e éd., Paris, 1935.

(3) L'indice α varie de 1 à ν, ν étant le nombre de dimensions de l'espace considéré. L'indice k varie de 1 à n, n étant le nombre de couples de variables canoniques.

En posant

(2, 2) $$p_{\alpha\beta}^{(k)} = \frac{\partial \mathcal{L}_\alpha}{\partial\left(\dfrac{\partial q_{\beta\gamma}^{(k)}}{\partial x_\gamma}\right)}, \qquad \delta H_\alpha = -\frac{\partial \mathcal{L}_\beta}{\partial q_{\gamma\alpha}^{(k)}}\delta q_{\beta\gamma}^{(k)} + \frac{\partial q_{\beta\gamma}^{(k)}}{\partial x_\alpha}\delta p_{\beta\gamma}^{(k)},$$

nous obtenons

(2, 3) $$\frac{\partial H_\alpha}{\partial p_{\beta\gamma}^{(k)}} = \frac{\partial q_{\beta\gamma}^{(k)}}{\partial x_\alpha}, \qquad \frac{\partial H_\alpha}{\partial q_{\beta\gamma}^{(k)}} = -\frac{\partial p_{\beta\gamma}^{(k)}}{\partial x_\alpha},$$

et le théorème de Jacobi est défini par les équations

(2, 4) $$H_\alpha = -\frac{\partial \varphi}{\partial x_\alpha}, \qquad p_{\beta\gamma}^{(k)} = \frac{\partial \varphi}{\partial q_{\beta\gamma}^{(k)}}, \qquad b_{\beta\gamma}^{(k)} = \frac{\partial \varphi}{\partial a_{\beta\gamma}^{(k)}}.$$

Troisième cas. — Nous partons du principe variationnel

(3, 1) $$\delta \underbrace{\int \cdots \int}_{\nu} \mathcal{L}_\alpha\left(q_\beta^{(k)}, \frac{\partial q_\beta^{(\alpha)}}{\partial x_\gamma} - \frac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\beta}, x_\gamma\right) d\Omega = 0.$$

En posant

(3, 2) $$p_{\alpha\beta\gamma}^{(k)} = \frac{\partial \mathcal{L}_\alpha}{\partial \frac{1}{2}\left(\dfrac{\partial q_\beta^{(k)}}{\partial x_\gamma} - \dfrac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\beta}\right)}, \qquad \delta H_\alpha = -\frac{\partial \mathcal{L}_\beta}{\partial q_\alpha^{(k)}}\delta q_\beta^{(k)} + \frac{\partial q_\beta^{(k)}}{\partial x_\gamma}\delta p_{\beta\gamma\alpha}^{(k)},$$

nous obtenons

(3, 3) $$\frac{\partial H_\alpha}{\partial p_{\beta\gamma\lambda}^{(k)}} = \frac{\partial q_\beta^{(k)}}{\partial x_\gamma}\Delta_{\alpha\lambda}, \qquad \frac{\partial H_\beta}{\partial q_\alpha^{(k)}} = -\frac{\partial p_{\alpha\beta\gamma}^{(k)}}{\partial x_\gamma},$$

$\Delta_{\alpha\lambda}$ étant le symbole de Kronecker ($=1$ lorsque $\alpha = \lambda$, $=0$ lorsque $\alpha \neq \lambda$).

Le théorème de Jacobi est défini par les équations

(3, 4) $$H_\alpha = \frac{\partial F_{\alpha\beta}}{\partial x_\beta}, \qquad p_{\alpha\beta\gamma}^{(k)} = \frac{\partial F_{\beta\gamma}}{\partial q_\alpha^{(k)}}, \qquad b_{\alpha\beta\gamma}^{(k)} = \frac{\partial F_{\beta\gamma}}{\partial a_\alpha^{(k)}} \qquad (F_{\alpha\beta} = -F_{\beta\alpha}).$$

L'équation de continuité $\partial H_\alpha / \partial x_\alpha = 0$ est également satisfaite ici.

Quatrième cas. — Nous partons du principe variationnel

(4, 1) $$\delta \underbrace{\int \cdots \int}_{\nu} \mathcal{L}_{\alpha\beta}\left(q_\gamma^{(k)}, \frac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\gamma}, x_\lambda\right) d\Omega = 0.$$

En posant

(4, 2) $$p_{\alpha\beta}^{(k)} = \frac{\partial \mathcal{L}_{\alpha\beta}}{\partial\left(\dfrac{\partial q_\gamma^{(k)}}{\partial x_\gamma}\right)}, \qquad \delta H_{\alpha\beta} = -\frac{\partial \mathcal{L}_{\alpha\gamma}}{\partial q_\beta^{(k)}}\partial q_\gamma^{(k)} + \frac{\partial q_\lambda^{(k)}}{\partial x_\beta}\delta p_{\alpha\lambda}^{(k)},$$

nous obtenons

$$(4, 3)\qquad \frac{\partial H_{\alpha\beta}}{\partial p^{(k)}_{\gamma\lambda}} = \frac{\partial q^{(k)}_{\lambda}}{\partial x_{\beta}} \Delta_{\alpha\gamma}, \qquad \frac{\partial H_{\alpha\beta}}{\partial q^{(k)}_{\gamma}} = -\frac{\partial p^{(k)}_{\alpha\gamma}}{\partial x_{\beta}},$$

le théorème de Jacobi étant défini par les équations

$$(4, 4)\qquad H_{\alpha\beta} = -\frac{\partial V_{\alpha}}{\partial x_{\beta}}, \qquad p^{(k)}_{\alpha\beta} = \frac{\partial V_{\beta}}{\partial q^{(k)}_{\beta}}, \qquad b^{(k)}_{\alpha\beta} = \frac{\partial V_{\beta}}{\partial a^{(k)}_{\beta}}.$$

On peut évidemment envisager d'autres cas intéressants et, en particulier, examiner les cas mixtes.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur le passage et la diffusion des corpuscules par des barrières de potentiel coulombien.* Note de M. **Gabriel Badarau**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous avons donné ([1]) une formule rigoureuse du *coefficient de pénétration* d'une barrière coulombienne, *valable seulement pour les particules de moment cinétique nul* ([2]) à cause du choix particulier de la solution de l'équation de Schrödinger à l'intérieur du noyau. Dans ce qui suit *nous donnons la solution générale du problème*.

Nous partons de l'équation de Schrödinger sous la forme

$$(1)\qquad \Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2}[E - U(r)]\Psi = 0.$$

La symétrie cylindrique du problème autour de la direction des corpuscules incidents permet de poser comme solution ([3])

$$(2)\qquad \Psi = \sum_{j=0}^{\infty} \chi_j(r)\, P_j(\cos\theta),$$

où $P_j(\cos\theta)$ est un polynome Legendre. Étant données les conditions physiques du problème, $U = U_0$ (const.) pour $0 \leq r < r_0$ et $U = 2Ze^2/r$ pour $r > r_0$, χ_j peut être représenté à l'intérieur du noyau par des fonctions Bessel et à l'extérieur par des fonctions $W_{K,m}$ ([1]). Nous choisirons donc

([1]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 39 et 842.

([2]) A faire $m = 0$ dans l'expression de R donné à la fin de la note précédente ([1]).

([3]) Louis de Broglie, *Ann. de l'Inst. H. Poincaré*, 3, 1933, p. 349.

pour $0 \leq r < r_0$ une solution de la forme (⁴)

$$(3)\qquad \Psi_i = \sum_{j=0}^{\infty} (-i)^j \sqrt{\frac{\pi}{2}}(2j+1)\frac{1}{\sqrt{K_i r}} R_j J_{j+\frac{1}{2}}(K_i r) P_j(\cos\theta), \qquad K_i = \frac{\sqrt{2m}}{\hbar}\sqrt{E - U_0}$$

continue et finie pour $r = 0$.

De même, pour $r > r_0$, nous prendrons comme solution

$$(4)\qquad \Psi_{(e)} = \sum_{j=0}^{\infty} C_j \frac{1}{4ar}[D_j W_{K,m}(i\chi_0 r) + I_j W_{-K,m}(-i\chi_0 r)] P_j(\cos\theta)$$

avec

$$(5)\qquad a = \frac{2m}{\hbar^2}E, \qquad m = \sqrt{\frac{1}{4} + j(j+1)}, \qquad \chi_0 = 2\sqrt{a}, \qquad K = i\frac{Ze^2}{\hbar}\sqrt{\frac{2m}{E}}.$$

Les coefficients R_j et D_j seront déterminés par les conditions de continuité sur la surface de la sphère

$$\Psi_i(r_0) = \Psi_e(r_0), \qquad \left(\frac{d\Psi_i}{dr}\right)_{r_0} = \left(\frac{d\Psi_e}{dr}\right)_{r_0};$$

on trouve

$$(6)\qquad \left\{\begin{aligned} R_j &= \frac{K_i^{\frac{1}{2}}}{4a} \frac{W_{K,m}^{(0)}\left[\frac{\partial}{\partial r} r^{-1} W_{-K,m}\right]_{r=r_0} - W_{-K,m}^{(0)}\left[\frac{\partial}{\partial r} r^{-1} W_{K,m}\right]_{r=r_0}}{W_{K,m}^{(0)}\left[\frac{\partial}{\partial r} r^{\frac{1}{2}} J\right]_{r=r_0} - r_0^{\frac{1}{2}} J^{(0)}\left[\frac{\partial}{\partial r} r^{-1} W_{K,m}\right]_{r=r_0}} I_j, \\ D_j &= \frac{W_{-K,m}^{(0)}\left[\frac{\partial}{\partial r} r^{\frac{1}{2}} J\right]_{r=r_0} - r^{\frac{1}{2}} J^{(0)}\left[\frac{\partial}{\partial r} r^{-1} W_{-K,m}\right]_{r=r_0}}{J^{(0)} r_0^{\frac{1}{2}}\left[\frac{\partial}{\partial r} r^{-1} W_{K,m}\right]_{r=r_0} - W_{K,m}^{(0)}\left[\frac{\partial}{\partial r} r^{\frac{1}{2}} J\right]_{r=r_0}} I_j, \end{aligned}\right.$$

où l'on a désigné par J la fonction $J_{j+1/2}(K_i r)$ et par l'indice (0) la valeur correspondante de la fonction pour $r = r_0$.

La première de ces formules donne le *coefficient de pénétration* $T = R_j R_j^* / I_j I_j^*$ de la barrière coulombienne pour les particules dans l'état j et la deuxième permet de calculer le coefficient de diffusion.

2. Il est à remarquer que ce qu'on appelle ordinairement *coefficient de transmission* dans le cas d'un *trou* de potentiel n'est pas la même chose que le coefficient de transmission d'une barrière unidimensionelle, coefficient

---

(⁴) Le coefficient $(-i)^j \sqrt{\pi/2}\,(2j+1)$, et mis par analogie avec le développement Rayleigh et est égal avec le coefficient C_j de (4), qui doit être choisi de façon à pouvoir raccorder automatiquement les solutions (3) et (4) pour $K = 0$ (absence de barrière).

qui alors dépend seulement de la forme de la barrière pour un E donné. En effet, dans le cas d'un trou, au phénomène simple de la transmission des parois, s'ajoutent les phénomènes de résonance ayant lieu dans le noyau et étant dus à une *réflexion sur le centre*. De même, ce que nous appellerons désormais *coefficient de pénétration* n'a pas la même forme pour une particule qui sort que pour une particule qui entre, car ces phénomènes changent d'un cas à l'autre à cause de la présence ou de l'absence de l'onde incidente, ce qui nous fait passer d'un problème stationnaire à un problème non stationnaire.

Ces faits physiques se traduisent d'ailleurs dans le langage mathématique par des expressions différentes de ces coefficients, dues à des conditions limites différentes.

3. En ce qui concerne l'emploi effectif des fonctions $W_{K,m}$, et surtout s'il s'agit des évaluations numériques, il faut tenir compte des formes particulières que l'intégrale qui les représente peut prendre pour les différentes valeurs de K. Plus spécialement, dans les conditions de l'équation de Schrödinger l'intégrale de contour se transforme en une intégrale sur l'axe réel ([5]), ce qui simplifie les calculs.

MÉTROLOGIE. — *Détermination simultanée des résistances, courants et forces électromotrices en unités absolues* E. M., *ohm*, *ampère*, *volt*. Note de M. **Amédée Guillet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Rappelons que l'on peut aujourd'hui conduire une série de mesures absolues E. M. avec autant de facilité que des mesures relatives et que l'on peut enfin aboutir à des résultats comparables entre eux si l'on s'astreint à l'application d'une technique précise et bien arrêtée.

Il est d'abord indispensable d'installer dans un laboratoire convenablement aménagé les appareils fondamentaux ainsi que les instruments servant aux mesures accessoires, par exemple, pour l'ohm ([1]), une inductance à circuits fixes avec comparateurs spéciaux pour les mesures de longueur, un pendule astronomique et des diapasons pour les mesures de

---

([5]) Whittaker and Watson, *A course of modern analysis* (2e édition), 1914, p. 238 et 334.

([1]) Voir *Bulletin des travaux de l'École Pratique des Hautes Études*, 1892; *L'Éclairage électrique*, 20, 1899, p. 161.

durée. Il ne faut, sous aucun prétexte, avoir à transporter les appareils spéciaux d'un endroit à un autre ou à les manipuler eux-mêmes. Tous les mouvements doivent être faits sur les instruments auxiliaires et tous les éléments des appareils fondamentaux doivent être, à tout instant, accessibles, de façon à permettre la répétition à volonté des mesures. Dans le cas de l'étalon d'induction mutuelle, tous les supports doivent être faits de matières isolantes et non magnétiques. Si l'on faisait les enroulements sur des supports métalliques, on s'interdirait certains contrôles précieux et l'emploi des courants variables. Mais les supports doivent être filetés, il conviendra même de perfectionner le travail du tour et la fabrication des fils nus. Sans doute les exigences de la *normalisation* imposeront des précisions de construction aujourd'hui négligées. Il faut bien se pénétrer de ce que le micron nous apparaît maintenant comme une grandeur énorme : avec un outillage approprié, il est vraiment encombrant.

L'étude critique qui doit précéder le choix de l'inductance nous paraît encore insuffisante. Les auteurs tournent toujours dans le même cercle; il y a des formes intéressantes et très réduites qui ne sont jamais envisagées. Il faut aussi se limiter d'abord aux formes et aux méthodes les plus immédiates. L'érudition doit seulement servir à fixer la simplicité et l'économie des moyens, et l'on doit s'en tenir, par exemple pour le calcul des inductances, à la formule la mieux adaptée aux fins poursuivies. Dans les mémoires, tout ce qui n'aboutit pas à un nombre nécessaire au calcul du résultat final cherché doit être rejeté. Il importe aussi que les opérations à faire soient aussi réduites que possible; ce n'est qu'après avoir atteint au but une première fois, ce qui n'est pas encore une réalité, que l'on peut élargir la technique. Ainsi l'emploi du courant alternatif, puisqu'un tel courant n'est pas en général sinusoïdal, impose une étude numérique préalable (²), se suffisant à elle-même, c'est-à-dire formant un tout distinct, sans quoi il serait à jamais impossible de se limiter et de s'entendre. On indique souvent aussi des précisions risquées sur la mesure des durées; que veulent dire au juste les auteurs? Là encore, une étude comparée sérieuse doit être poursuivie et aboutir enfin à des données sûres. Il y aurait lieu par exemple d'ajouter ici aux nombreux modes d'entretien des mouvements oscillatoires, plus ou moins parfaitement étudiés, l'entretien par

(²) Voir à ce sujet la remarquable étude de MM. Jouaust et Picard dans le *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 5ᵉ série, 8, 1938, p. 587.

émissions photo-cathodiques rythmées par l'oscillateur, qui n'entraînent pas d'action préalable comme les méthodes d'induction, microphoniques ou l'emploi de triodes. La Métrologie est d'une grande exigence mais permet de fort précieux contrôles.

Pour passer à l'ampère, une nouvelle installation, celle d'une inductance, est nécessaire; mais elle est destinée cette fois à la mesure des forces e. m. g. qui s'exercent entre les deux circuits, d'où la nécessité de rendre l'un d'eux mobile et l'autre fixe (électrodynamomètre) ([3]). Une nouvelle difficulté apparaît ici, en raison de la sensibilité que l'on peut désirer atteindre. On est alors conduit à l'emploi de circuits superposés et à la mesure des dimensions des diverses couches. Or les enroulements, pour s'appliquer à leur noyau, doivent être faits sous tension : quelle garantie a-t-on de l'invariabilité des circuits déjà en place? A quoi servent alors des formules rigoureuses et l'habileté des mathématiciens consultés? Il est certain que, si le circuit mobile était placé dans la position à laquelle correspond le calcul de la f. e. m., il y aurait un courant induit dans ce circuit lorsque l'autre circuit recevrait un courant, ce qui ne doit pas être. Là encore la recherche de la forme à adopter constitue un problème important. Sans doute, les opérateurs de l'avenir adopteront les vues de G. Lippmann, Lord Rayleigh etc., consistant à séparer les deux fonctions : celle concernant le calcul et celle concernant la sensibilité.

Il est nécessaire enfin que toute la série des mesures puisse être reprise dans les mêmes conditions d'immobilité des appareils fondamentaux, par tout physicien compétent qui le désire. De la sorte, et par la comparaison des résultats obtenus, on pourra fixer la valeur pratique de chaque méthode, c'est-à-dire l'ordre d'indécision que chacune des méthodes éprouvées comporte.

Ainsi seraient rendus utiles et comparables entre eux les efforts de tous ceux qui s'occupent de ces mesures absolues. D'autre part, on acquerrait vite la conviction qu'une installation telle que nous la décrivons, reposant uniquement sur les définitions, remplacerait avantageusement les étalons dits de base dont rien ne garantit l'invariabilité.

([3]) *Bull. Société Internationale des Électriciens,* 2e série, 8, n° 78, 1908, p. 535.

THERMODYNAMIQUE STATISTIQUE. — *Sur la* supraconductibilité *thermique de l'hélium* II *liquide et la statistique de Bose-Einstein.* Note [1] de M. LADISLAS TISZA, présentée par M. P. Langevin.

F. London a interprété le point λ de l'hélium liquide comme point de condensation d'un gaz de Bose-Einstein [2]. Les propriétés hydrodynamiques d'un tel système permettent de comprendre les phénomènes cinétiques paradoxaux observés dans l'hélium II. On trouvera en 1° un bref exposé de la conception de London [3], sous une forme un peu généralisée, et en 2° un résumé de nos résultats concernant la *supraconductibilité* thermique [4].

1° Au voisinage du zéro absolu, l'hélium se trouve dans un état condensé, avec une certaine densité ρ_0 pratiquement constante. L'état d'un atome dans le champ des autres peut être caractérisé par un vecteur d'onde de Bloch $\vec{k}$. Par suite de l'isotropie du liquide, l'énergie correspondante sera de la forme : $\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon^{\mathrm{I}}(k^2)$ et l'atome dans l'état $\vec{k}$ accomplira un mouvement de translation avec la vitesse $\vec{v} = (1/h)(\partial\varepsilon/\partial\vec{k}) = (2/h)(\partial\varepsilon^{\mathrm{I}}/\partial k^2)\vec{k}$. Les atomes seront distribués sur les niveaux ε suivant la statistique de Bose-Einstein. A la densité ρ_0 correspond une température de *condensation* T_0 (le point λ) : pour $T < T_0$ une partie seulement des atomes, avec la densité ρ^{I}, sera distribuée sur les états excités et l'excédent avec la densité $\rho^{\mathrm{II}} = \rho_0 - \rho^{\mathrm{I}}$ sera *condensé* dans l'état ε_0 avec $\vec{k} = \vec{v} = 0$. ρ^{I} dépend seulement de la température; on déduit de l'anomalie de la chaleur spécifique $\rho^{\mathrm{I}} \sim \rho_0(T/T_0)^5$. Quoique notre système soit homogène dans l'espace ordinaire, on peut parler de deux *phases* dans l'espace des impulsions (*phases* I et II, ou encore atomes I et II).

2° Les atomes I, ayant une vitesse de translation, exercent une pression p^{I}, déterminée par un paramètre unique, soit T, soit ρ^{I}, et compensée par les forces de van der Waals. En supprimant celles-ci, p^{I} se réduirait à la pression du gaz idéal. Nous préférons donner à p^{I} une définition analogue

---

(1) Séance du 14 novembre 1938.

(2) *Nature*, **141**, 1938, p. 643.

(3) *Loc. cit.*, *Proc. Roy. Soc. A.*, **153**, 1936, p. 576; *Phys. Rev.* (sous presse).

(4) Par exemple ROLLIN, *Physica*, **2**, 1935, p. 557; ALLEN, PEIERLS et UDDIN, *Nature*, **140**, 1937, p. 62; W. H. KEESOM, A. P. KEESSOM et B. F. SARIS, *Physica*, **5**, 1938, p. 281.

à celle d'une pression osmotique : nous démontrerons dans une Note prochaine que les tubes capillaires très fins sont semi-perméables pour l'He II, laissant passer la *phase* II et arrêtant la *phase* I. $p^{\rm I}$ peut donc être défini et *mesuré* à l'aide du travail $p^{\rm I}dV$ nécessaire pour la compression *adiabatique* $-dV$ de la *phase* I à densité totale ρ_0 constante. (Lors d'un processus adiabatique, il n'y a pas en première approximation de transition entre les deux phases, la transition de N atomes de la *phase* I en la *phase* II étant accompagnée du dégagement de chaleur $W \sim NkT$.)

Les inhomogénéités de la température entraînent toujours des inhomogénéités de $\rho^{\rm I}(T)$ et de $p^{\rm I}(T)$. Si le système est adiabatiquement isolé, celles-ci tendent à s'évanouir en provoquant un courant de la phase I dans la direction de $-\operatorname{grad} T$. Mais, comme ρ_0 est constant, ce courant doit être compensé, s'il n'y a pas de mouvement macroscopique, par un courant opposé de la *phase* II, tel que le courant total $\rho^{\rm I}\vec{u}^{\rm I}+\rho^{\rm II}\vec{u}^{\rm II}=0$ ($\vec{u}^{\rm I}$ et $\vec{u}^{\rm II}$ sont les vitesses moyennes). Les deux courants ainsi couplés sont décrits en première approximation (en négligeant les effets irréversibles de second ordre) par un seul système *indépendant* d'équations hydrodynamiques. On a ainsi, pour la *phase* I,

$$\frac{d\rho^{\rm I}}{dt}+\rho^{\rm I}\operatorname{div}\vec{u}^{\rm I}=0, \tag{1}$$

$$\rho^{\rm I}\frac{d\vec{u}^{\rm I}}{dt}=-\frac{\rho^{\rm II}}{\rho_0}\operatorname{grad}p^{\rm I}. \tag{2}$$

La discussion générale de ces équations non linéaires offre les difficultés que l'on rencontre dans l'hydrodynamique classique. Mais, si les vitesses des courants provoqués par *les inhomogénéités de* T sont faibles, celles-ci *s'égalisent suivant l'équation de propagation*

$$\Delta T-\frac{1}{V^2}\frac{\partial^2 T}{\partial t^2}=0. \tag{3}$$

Les mêmes équations sont valables pour $p^{\rm I}$ et $\rho^{\rm I}$. V est la vitesse des ondes de température

$$V=\sqrt{\frac{\rho^{\rm II}}{\rho_0}\frac{dp^{\rm I}}{d\rho^{\rm I}}}\sim\sqrt{\frac{kT}{m}\left[1-\left(\frac{T}{T_0}\right)^5\right]}, \tag{4}$$

(3), (4) ne s'appliquent pas au dispositif habituel de deux réservoirs de températures T_1, T_2 reliés par un tube de section s rempli d'He II. Le courant I a une source de $\rho^{\rm I}u^{\rm I}s$ atomes par seconde au réservoir chaud et de $-\rho^{\rm I}u^{\rm I}s$ atomes au réservoir froid. La quantité de chaleur $W_1 \sim \rho^{\rm I}u^{\rm I}skT_1$

cédée par seconde par le réservoir chaud et $W_2 \sim \rho^1 u^1 s k T_2$ dégagée au réservoir froid. [L'abaissement de la température se produit par une dilatation adiabatique de $p^1(T_1)$ à $p\,(T_2)$]. L'énergie $W_1 - W_2$ sert d'abord à accélérer les courants; le régime stationnaire atteint, elle est dissipée par les effets du second ordre. Le système est analogue à une machine thermique utilisée pour la transmission de chaleur. Le calcul de la *supraconductibilité* thermique exigerait la détermination de u^1 en fonction de $T_1 - T_2$, ce qui n'est pas possible à cause de la *turbulence*, mise en évidence par le fait que le *courant de chaleur croît plus lentement que* $T_1 - T_2$. Mais les traits qualitatifs et l'ordre de grandeur du phénomène [5] correspondent parfaitement à l'effet thermomécanique que nous venons de décrire. La vérification quantitative de la théorie serait possible à l'aide de (3) et (4).

La théorie n'est plus valable pour $T < 0{,}8^\circ$-$0{,}9^\circ$, la chaleur spécifique de Debye étant alors plus importante que l'effet *anomal* considéré ici [6]. Dans les tubes capillaires très minces la *viscosité* joue un rôle important.

THERMODYNAMIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la déflagration et la détonation dans un mélange gazeux combustible maintenu à volume constant.* Note [1] de M. **Marcel Véron**, présentée par M. Émile Jouguet.

Dans l'hypothèse où la chambre de combustion présente un axe ou un plan de symétrie et où la déflagration se propage à partir d'un de ses fonds par tranches parallèles distinctes normales à l'axe ou au plan de symétrie, nous avons de diverses façons établi que la vitesse matérielle du gaz atteint à l'instant t par le front de flamme immatériel (comptée positivement dans le sens de la déflagration) admet pour expression

$$V = \frac{\lambda(l - x)}{\gamma}\,\frac{d}{dt}\log p,$$

où p est la pression actuelle des gaz; x, l'abscisse actuelle du front de flamme; l, la longueur de la chambre; γ, l'exposant du volume dans la loi de compression des gaz dits intacts, et λ, un facteur attaché à la forme de la chambre (1 pour un cylindre, 1/2 pour un coin convergent dans le sens de la déflagration etc.).

---

(5) *Loc. cit.* (3), surtout Keelsom, etc.

(6) N. Kürti et F. Simon, *Nature*, 142, 1938, p. 207.

(1) Séance du 21 novembre 1938.

En faisant apparaître la vitesse de déflagration $W = dx/dt$, il vient

$$V = \varphi W, \qquad \text{avec} \quad \varphi = \frac{\lambda(l - x)}{\gamma} \frac{d}{dx} \log p.$$

En principe, le facteur φ est étranger à W (il n'en dépend que dans la faible mesure où la température moyenne des gaz brûlés est sensible à W). Il est inférieur à 1 ou négatif, puisque la flamme ne se propage que si elle rencontre de nouvelles tranches gazeuses, et elle ne peut les atteindre que si $W > V$.

La vitesse V devient négative quand dp devient négatif.

Et dp devient négatif vers la fin de la déflagration, quand les gaz déjà brûlés se refroidissent d'une façon sensible (accélérée surtout) pendant que la flamme achève de balayer la chambre.

A ce moment la vitesse V du gaz devant le front de flamme s'annule et se renverse : la courbure de sa distribution réelle dans une tranche change de sens ; la courbure du front de flamme s'atténue ; des différences de vitesse et d'accélération importantes existent entre ses différents points ; l'accélération d'ensemble, qui vient de passer par un maximum considérable et tendu lié au renversement de vitesse, offre une valeur très élevée

$$(V'_t)_r = \frac{\lambda(l - x)}{\gamma} \frac{p_n}{p} = \varphi'_x W^2, \qquad \text{pour} \quad p'_t = 0.$$

Il en résulte un violent *ressac* des gaz dits intacts sur les gaz brûlés, et un brassage très actif à travers le front de flamme. D'où la combustion *en masse* d'une fraction finie des gaz intacts, ce qui déclenche une onde de pression à front raide, génératrice de la propagation par détonation.

Cette nouvelle théorie de la détonation rend directement compte d'un grand nombre de phénomènes observés, parmi lesquels on citera seulement les suivants :

a. C'est toujours en fin de déflagration et aussitôt après le maximum de la montée en pression, que la détonation apparaît.

b. La détonation est engendrée par les pressions trop fortes à l'origine et trop croissantes en fin de déflagration (allumage trop anticipé pour un déplacement trop lent du piston), facteurs qui accentuent le refroidissement terminal des gaz brûlés ; elle est entravée par la forme sphérique avec allumage au centre, par les formes à surfaces refroidissantes limitées (culasses à soupapes en tête comparées aux culasses à soupapes latérales), par les

parois trop chaudes dans les zones d'allumage et de pré-détonation, facteurs qui atténuent le refroidissement des gaz brûlés.

Ces influences qui créent ou gênent la détonation sont pour une part contraires à celles qui créent ou gênent l'auto-allumage, en sorte que ces deux phénomènes tendent à s'exclure. M. Serruys a même constaté qu'en se prolongeant, la détonation peut s'éteindre pour faire place à l'auto-allumage, double conséquence de l'échauffement des parois de la zone d'allumage, par transfert de la chaleur intense que captent les parois de la zone de détonation.

c. La détonation est atténuée par la turbulence, facteur qui adoucit les différences de vitesses et d'accélération sur le front de flamme; elle est accentuée par les formes dissymétriques et par les grands diamètres d'alésage, facteurs qui amplifient ces différences.

d. La détonation est renforcée par une pression trop élevée des gaz en fin de déflagration (pression d'admission, taux de compression et avance trop forts, cycles trop lents), et par une température trop élevée des parois opposées au point d'allumage, facteurs qui, en accroissant très vite W^2, augmentent l'accélération d'ensemble au moment du renversement; elle est bridée par les antidétonants, par les surfaces inhibantes et par les parois resserrées, striées et polies, facteurs qui, en réduisant W^2, diminuent l'accélération au renversement.

e. Les oscillations de pression caractéristiques de la détonation apparaissent sur les manogrammes qui, toutes choses égales, offrent un plus faible rayon de courbure au sommet. Or l'accélération au renversement est proportionnelle à p''_{t^2}, c'est-à-dire à la courbure au sommet de la courbe pression temps que l'on relève au manographe.

Enfin les expériences récentes de M. Laffitte ont montré qu'une projection des gaz en fin de déflagration s'accompagne facilement d'une détonation, preuve qu'un mélange soudain des gaz intacts et des gaz brûlés engendre bien la détonation.

Par ailleurs, la présente théorie conduit à créer certaines discriminations, entre les facteurs qui rendent la détonation plus facile ou plus brutale; entre les effets contraires d'un même échauffement des parois voisines ou éloignées du point d'allumage. Ce qui explique l'existence d'une température optima du fluide refroidisseur unique actuellement employé, et rend souhaitable une conception compartimentée du refroidissement extérieur des culasses de moteurs.

OPTIQUE. — *Mesures d'indices de réfraction dans l'ultraviolet.* Note (1) de M. **Antoine Goldet**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'absorption dans l'ultraviolet est étudiée actuellement par de nombreux chercheurs (2). Leurs travaux nous avaient conduit à remarquer le manque de données précises ou même l'absence totale de renseignements sur les valeurs d'indices de réfraction dans l'ultraviolet.

M. Bayen (3) a fait, indépendamment, des recherches avec un réfractomètre à prismes pour combler certaines de ces lacunes.

Le réfractomètre pour le spectre visible, que nous avons réalisé de notre côté en collaboration avec M. Robert Guillien (4) pour l'étude des gaz liquéfiés, nous a paru assez simplement transformable en un appareil de mesures pour l'ultraviolet.

Cet appareil à réflexion totale, employé d'abord par Terquem et Trannin et Wiedemann (5), est d'un type classique. La réflexion totale se produit sur la face d'une lame d'air mince limitée par deux galets de verre plongés dans le liquide à étudier. On observe la limite de réflexion totale avec une lunette mise au point sur l'infini. L'appareil de mesures est un cercle divisé sur l'axe mobile duquel est fixée la lame mince. On mesure avec le cercle divisé deux angles donnant la réflexion totale pour une même lumière monochromatique et correspondant à deux positions symétriques de la lame. Si 2α est la différence des deux angles mesurés, $n = 1/\sin\alpha$.

Nous avons remplacé dans cet appareil la source monochromatique par une lampe à hydrogène ayant un spectre continu dans l'ultraviolet, les lames de verre par du quartz et l'oculaire de la lunette d'observation par un miroir sphérique aluminisé sur lequel un miroir plan également en aluminium renvoie la lumière. Au foyer du miroir enfin, nous avons disposé la fente d'un spectrographe à optique de quartz.

Dans ces conditions, pour divers azimuts mesurés de la lame d'air, on obtient des spectres présentant chacun une coupure nette à partir d'une certaine longueur d'onde fonction de cet azimut. La lumière de fréquence

(1) Séance du 21 novembre 1938.

(2) Voir en particulier R. Tréhin, *Ann. de Phys.*, 5, 1936, p. 445.

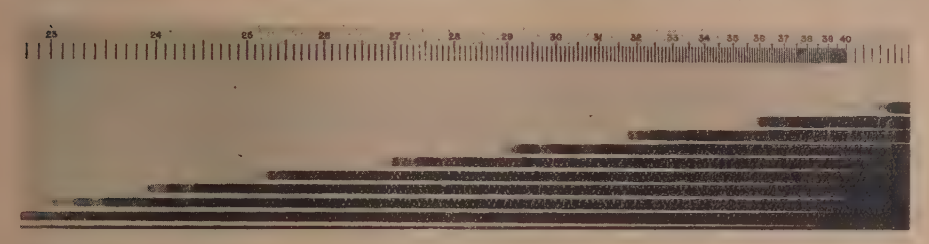
(3) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 207; **206**, 1938, p. 1254 et 1715.

(4) *Ann. de Phys.*, **10**, 1938, p. 160.

(5) Terquem et Tramin, *Comptes rendus*, **78**, 1874, p. 1843; Wiedemann, *Arch. de Genève*, **2**, 1874, p. 340.

plus élevée que celle de la coupure est totalement réfléchie, pour les corps à dispersion normale du moins.

La figure ci-dessous est un exemple d'une série de spectres ainsi obtenus. On peut y observer de plus des cannelures, dues au phénomène d'interférence qui, en lumière monochromatique, donne les franges d'Herschell



d'une lame d'air mince au voisinage de la réflexion totale. Nous avons étudié ce phénomène en détail ailleurs ([6]).

Il faut enfin pouvoir calculer les valeurs des indices correspondant aux longueurs d'onde des coupures; on prend pour cela, sur la même plaque, deux séries de spectres obtenus pour deux séries d'azimuts φ et ψ de la lame. Les angles φ diffèrent au plus entre eux de 2 ou 3 degrés, de même les angles ψ. Ils correspondent à deux ensembles de positions de la lame d'air sensiblement symétriques. En traçant les deux courbes représentant les variations des angles φ et ψ en fonction de λ, on peut avoir pour chaque longueur d'onde λ (en interpolant au moins sur l'une des courbes) la différence $|\varphi - \psi| = 2\alpha$, d'où l'on tire l'indice n cherché par la formule indiquée plus haut.

En prenant les précautions de réglage nécessaires, en maintenant surtout la température bien constante et uniforme dans le liquide étudié, nous avons déjà vérifié que l'on retrouve par cette méthode les indices de l'eau dans l'ultraviolet avec une bonne précision, de l'ordre d'une unité de la quatrième décimale jusqu'à 2200 Å environ. Le spectrographe employé fournit une échelle de longueurs d'onde photographiée sur le cliché; on corrige son étalonnage en photographiant à côté le spectre d'un arc à mercure à enveloppe de quartz.

([6]) A. Goldet, *Ann. de Phys.*, 10, 1938, p. 164.

RADIATIONS. — *Effets des radiations sur les cristaux pyroélectriques.* (*Possibilité de leur utilisation comme détecteurs de radiations infrarouges.*) Note de M. **Yeou Ta**, présentée par M. Aimé Cotton.

Si l'on fait tomber de la lumière sur un cristal pyroélectrique de tourmaline par exemple, et que les radiations soient absorbées, le cristal s'échauffe, il doit donc se polariser suivant son axe électrique. Par suite, si l'on peut mesurer la tension électrique ainsi développée par un appareil assez sensible, on dispose d'un nouveau détecteur de radiations. Les données sur la pyroélectricité de la tourmaline montrent que la charge Q, dégagée sur une surface S normale à l'axe, satisfait en première approximation à la relation résumant les lois de Gaugain : $Q = KS\Theta$, avec $K = 1{,}34$ U.E.S.C.G.S. (valeur calculée à partir des modules piézo-électriques).

Si donc on décelait la charge Q/S de 10^{-15} coulomb/cm² développée par le cristal, on serait en mesure d'apprécier une variation de température Θ du cristal de l'ordre du millionième de degré centigrade. Cela nous a conduit à effectuer divers essais en vue de ce mode d'application des cristaux pyroélectriques. Ces essais [1] ont porté particulièrement sur la tourmaline (dans la plupart des cas incolore ou légèrement teintée) taillée en forme de lames à faces parallèles perpendiculaires à l'axe, rectangulaires ou en forme de disque. Ces lames ont été examinées de trois manières comme l'indiquent les schémas suivants :

Les faces terminales de la lame sont soit recouvertes d'un dépôt métallique obtenu par évaporation thermique dans le vide (cas A et B), soit en contact avec un grillage (cas C) servant d'électrode. Le cristal est ensuite monté dans une ampoule en verre, vidée d'air, munie d'une fenêtre en sel gemme (ou autre) et de deux électrodes de sortie diamétralement opposées et isolées au moyen de tubes de silice fondue.

Comme montage électrique, nous avons employé en général la lampe-électromètre à bigrille avec un circuit de pont équilibré perfectionné [2], le galvanomètre utilisé, pour un courant de 5.10^{-9} ampère, donnait à 1^{m} une déviation de 1^{mm}.

---

(1) Nous avons également essayé l'acide tartrique droit, le sucre etc. et divers sels complexes.

(2) D. B. Penick, *Rev. Soc. Instr.*, 6, 1935, p. 115.

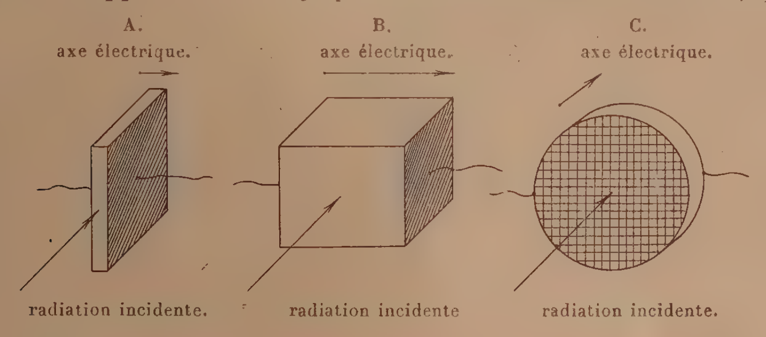
Nous avons fait tout d'abord les vérifications suivantes :

1° La polarisation du cristal par éclairement est de même sens que par échauffement et de sens inverse que par compression (J. et P. Curie).

2° Le signe des charges reste le même quelle que soit la face qu'on éclaire, même si le cas C est réalisé.

3° L'effet est sensiblement proportionnel à l'éclairement; nous l'avons vérifié grossièrement, pour des éclairements pas trop intenses et des durées peu prolongées.

4° Nous avons constaté que *l'effet produit par l'éclairement est essentiellement dû à l'infrarouge :* en effet l'interposition d'une cuve d'eau de 5^{cm} d'épaisseur supprime environ 90 pour 100 de la déviation observée, quand



la source lumineuse est une lampe à incandescence; en outre, la tourmaline reste sensible pour le rayonnement d'un corps noir chauffé à 40°C. par exemple.

5° *Une partie de l'effet est modulable :* après une amplification suffisante, nous avons pu le suivre au son jusqu'à une fréquence de 1000 périodes environ par seconde, la lumière modulée employée étant filtrée par un écran de verre au manganèse et cela pour un cristal de $0,5 \times 1 \times 1$ cm (cas B) dont la capacité calorifique est énorme.

La sensibilité de l'appareil, avec un cristal de surface utile de $0^{cm^2},5$ environ, d'épaisseur $0^{mm},6$ (cas C), est telle qu'on obtient une déviation de l'ordre du centimètre pour le rayonnement d'une surface noire de 10×10^{cm} portée à 100°C. et placée à une distance de 1^{m}. On voit que cette sensibilité est médiocre vis-à-vis d'autres appareils existants. Cela tient à plusieurs causes : l'énergie rayonnante incidente est encore très mal utilisée (il faudrait diminuer davantage l'épaisseur du cristal); le cristal n'est pas une surface noire; il y a beaucoup de pertes par réflexion. Enfin le cristal lui-même n'est peut-être pas assez sensible.

Des perfectionnements sont certainement possibles. Comme cristal pyroélectrique, on est conduit à essayer ceux qui ont une constante pyroélectrique K plus élevée et une constante diélectrique ε plus petite : pour une lame de même dimension, l'acide tartrique droit par exemple nous a paru en effet quatre à cinq fois plus sensible que la tourmaline. D'autre part on pourrait employer d'autres circuits électriques.

En tout cas, il résulte de nos essais qu'en éclairant un cristal par une source riche en infrarouge on a un moyen simple et commode pour l'étude même des cristaux pyroélectriques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La densité-limite et le poids moléculaire de l'éthylène. Nouvelle révision du poids atomique du carbone.* Note [1] de M. **Enrique Moles**, Mlle **M.-Thérèse Toral** et M. **Antonio Escribano**, présentée par M. Auguste Béhal.

Faisant suite à d'autres publications [2] concernant le même sujet, nous présentons les résultats obtenus pour la densité-limite du gaz éthylène, ainsi que pour les poids moléculaires de ce gaz et le poids atomique du carbone, qui en découle.

La méthode suivie a été celle du volumètre par condensation. Le volumètre utilisé comportait deux ballons dont le volume était de $2392^{ml},5$ et $4951^{ml},8$.

Le gaz éthylène a été obtenu par déshydratation de l'alcool pur absolu, soit par le passage de la vapeur sur de l'alumine chauffée au-dessous de 350° (catalyse hétérogène), soit en chauffant à 200-230° un mélange de trois parties d'acide métaphosphorique et une partie d'alcool absolu (catalyse homogène). Le gaz débarrassé de l'excès de vapeur d'alcool par son passage dans un condenseur refroidi à — 80° est lavé à la potasse à 50 pour 100, et il est séché ensuite sur l'acide sulfurique concentré et le P^2O^5. On le condense alors au moyen de l'air liquide et on le purifie finalement par distillation fractionnée. A remarquer que le gaz obtenu par la seconde méthode se trouve être exempt de l'*huile douce* de Pélouze.

---

(1) Séance du 21 novembre 1938.

(2) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 66; *Sitz. ber. Akad. Wissen.*, Vienne, II *b*, **145**, 1935, p. 948; *Journ. Chim. Phys.*, **34**, 1937, p. 49; *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1726; *Z. anorg. allgem. Chem.*, **236**, 1938, p. 225.

Comme d'habitude, dans notre laboratoire, le gaz pur, avant le remplissage du volumètre, a été filtré à maintes reprises par un filtre Schott. Tout le système de mesure, soit l'ensemble du volumètre, baromètre et son réservoir, ainsi que les tubes de raccordement, se trouvait entouré de glace pilée, de sorte que la correction de température était éliminée. Nous remarquerons encore que le baromètre utilisé était directement soudé au réservoir, de sorte qu'il n'y avait pas possibilité de souillure du mercure par contact avec les tuyaux de caoutchouc ou des robinets graissés.

La pesée du gaz a été faite en le condensant au moyen d'air liquide sur du charbon actif, préalablement dégazéifié et *rincé* avec l'éthylène pur, réaction que l'on pouvait recommencer chaque fois en chauffant dans le vide, la désorption étant très aisée.

Les mesures de la densité ont été faites sous les pressions de 1,00; 0,750; 0,667; 0,500; 0,333 et 0,250 atm., ce qui nous a permis d'arriver à une grande sûreté dans l'extrapolation vers $p = 0$.

Voici, toutes corrections faites, y compris celle de l'absorption, les valeurs de L_p poids du litre normal, ramené toujours à 1 atm. par la formule des gaz parfaits.

p...	1,0000.	0,75000.	0,6667.	0,50000.	0,3333.	0,2500.
	1,26037	1,25807	1,25732	1,25582	1,25431	1,25341
	1,26035	1,25809	1,25730	1,25572	1,25420	1,25350
	1,26041	1,25810	1,25730	1,25577	1,25425	1,25358
	1,26033	1,25809	1,25732	1,25579	1,25433	1,25346
	1,26033	1,25805	1,25730	1,25571	1,25429	1,25341
	1,26036	1,25804	1,25733	1,25583	1,25430	1,25349
				1,25578		1,25344
				1,25586		1,25363
				1,25374		
	$1,26036 \pm 0,00001_4$	$1,25807 \pm 0,00001$	$1,25731 \pm 0,00000_6$	$1,25578 \pm 0,00001_7$	$1,25428 \pm 0,00001_8$	$1,25350 \pm 0,00002$

L'appareil utilisé, ayant servi précédemment aux mesures avec l'ammoniac, avait été étalonné à l'oxygène, ce qui nous a permis d'établir ensuite les rapports de densités-limites. La précision atteinte est toujours au moins 10^{-5}. Les résultats pour la densité peuvent être exprimés par l'équation

$$L_p = (1,25122 \pm 0,000003) + 0,009133_3\,p.$$

Ce résultat vient confirmer ceux obtenus précédemment pour d'autres gaz dits *condensables* (point critique au-dessus de 0° C.), par exemple CO^2,

NH^3, SO^2 et F^4Si, et montre : 1° que la différence de comportement entre gaz non condensables et condensables, en ce qui concerne l'allure de la densité (et aussi de la compressibilité) en fonction de la pression, différence qu'on a cru pouvoir déduire théoriquement de l'équation de van der Waals, ne se confirme pas en pratique; 2° qu'on peut tirer des données expérimentales par extrapolation linéaire, la valeur limite de la densité, sans autre hypothèse, l'erreur commise ne dépassant pas 10^{-5}.

Le rapport des densités-limites de C^2H^4 et O^2 conduit, pour le poids moléculaire, à

$$PM = \frac{1,251214}{1,427619} \times 32 = 28,046 \pm 0,001_1,$$

d'où (avec $H = 1,0081$)

$$C = 12,007 \pm 0,000_5,$$

en excellent accord avec nos résultats précédents pour CO et CO^2. Cette valeur est identique à celle déduite par Aston avec le spectrogramme de masses; elle est sensiblement plus faible que celle admise par la Table Internationale.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure des gels non thixotropes à particules hydrophiles*. Note (¹) de M. **Wilfried Heller**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré précédemment que les gels thixotropes contiennent une structure solide formée de particules agrégées réparties dans une solution colloïdale diluée de telle façon que l'ensemble prend l'aspect solide. L'existence et la formation réversible de ces agrégats ont été mises en évidence par des expériences de centrifugation (²) et aussi par la découverte d'une variation isotherme et réversible de l'absorption (³). D'autres expériences (⁴) paraissaient indiquer que la formation isotherme d'un gel thixotrope d'une part et la formation non isotherme d'un gel restant ensuite permanent (à température constante) d'autre part, constituent des processus dont le mécanisme et dont la dynamique sont au fond les mêmes.

(¹) Séance du 14 novembre 1938.

(²) W. Heller, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 61.

(³) W. Heller et C. Quimfe, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 857.

(⁴) W. Heller et E. Vassy, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 991.

On pouvait se demander si ces gels permanents représentent, eux aussi, des systèmes biphases. Les gels permanents typiques se forment de préférence à partir des sols à particules très hydrophiles (fortement hydratées). Aussi les expériences de centrifugation et les mesures d'absorption ne peuvent plus être appliquées dans ce cas pour vérifier l'existence d'une structure. Nous avons donc essayé d'aborder la question par une autre méthode, dont voici le principe.

La gélatine forme des gels à basse température et des sols au-dessus d'environ 20°. La cellulose méthylique, par contre ([5]), donne des sols à basse température et des gels au-dessus d'environ 45°. Nous avons préparé des systèmes mixtes de ces deux substances hydrophiles et nous avons étudié le processus de leur gélification. Pour simplifier nous nous bornons ici à un seul système, caractérisé par un pH de 6,0 et par une concentration de 5^g de gélatine et de $2^g,5$ de cellulose méthylique pour 100^{cm^3}. Il tend à se séparer en deux phases, dont la phase la plus riche en gélatine finit par constituer la partie inférieure du système. La séparation demande, pour être nette, 5 à 10 minutes comptées à partir d'une homogénéisation du système par agitation.

Laissons d'abord se séparer les deux phases. En faisant ensuite varier la température on trouve, qu'aux températures comprises entre 1° et 20°, la phase inférieure se transforme en gel, tandis que la phase supérieure reste liquide. Entre 20 et 50° les deux phases sont liquides. Au-dessus de 50° enfin la phase supérieure se solidifie et l'autre reste liquide. Une comparaison des températures de gélification de chacune des deux phases avec les températures pour lesquelles les sols de gélatine seule d'une part et ceux de cellulose méthylique d'autre part se transforment en gels, montre qu'elles sont presque les mêmes (pour des concentrations de la phase dispersée respectivement identiques). Du point de vue de la gélification les deux phases du système mixte se comportent donc non seulement qualitativement, mais presque quantitativement, comme si elles étaient *indépendantes l'une de l'autre*.

Changeons maintenant la température du système mixte (rendu entièrement liquide à 35° et agité) avant que la séparation en deux phases devienne visible. On obtient alors aux températures au-dessous de 23° et au-dessus de 48° des gels uniformes permanents. Ainsi on traverse en élevant la température une transformation gel $\rightarrow$ sol $\rightarrow$ gel. Or, la première

([5]) A. Szegvari, *Koll. Zeitschr.*, 34, 1923, p. 34.

série d'expériences a montré que la cellulose méthylique et la gélatine se comportent presque indépendamment l'une de l'autre, et qu'aux températures, où l'une d'entre elles peut former un gel, l'autre n'est pas capable de le faire. Il est donc certain que ces systèmes mixtes entièrement solidifiés sont des gels caractérisés par une structure solide qui se trouve dans une liqueur colloïdale, structure qui est assez fine pour donner à l'ensemble l'aspect solide. C'est la gélatine qui forme la structure aux basses températures, et c'est la cellulose méthylique qui la forme aux températures élevées.

Ces expériences ne permettent encore de rien affirmer au sujet de la structure des gels permanents des systèmes uniques. Mais l'hypothèse d'après laquelle elle serait la même se trouve en tout cas fortement appuyée, puisque la capacité des particules hydrophiles à former des gels biphases vient d'être mise en évidence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la précipitation des molybdates de baryum en fonction du* pH. Note de M. **Émile Carrière** et Mlle **Reine Lasri**, présentée par M. Robert Lespieau.

La précipitation d'une solution de paramolybdate d'ammonium de concentration 1/70 ($7MoO^3$, $3(NH^4)^2O$, $4H^2O$) mol-g/litre, par une solution de chlorure de baryum à 10 pour 100 employée en excès, donne lieu à la formation de molybdates complexes dont la composition varie avec le pH. Les variations de celui-ci sont obtenues par addition de quantités déterminées soit de soude normale, soit d'acide acétique, soit d'acide chlorhydrique, à 25^{cm^3} de la solution de paramolybdate d'ammonium. Cette solution alcalinisée ou acidifiée est portée pendant cinq minutes à l'ébullition, puis on détermine son pH après refroidissement à 20°. La précipitation du molybdate d'ammonium par le chlorure de baryum en excès est ensuite pratiquée à l'ébullition. Le précipité lavé, séché et pesé est analysé en l'attaquant par deux fois, avec de l'acide nitrique à 60 pour 100, en capsule de platine. Chaque fois cet acide est évaporé, et le résidu épuisé avec de l'eau faiblement acidulée (5 pour 100 d'acide nitrique). Le baryum, passé entièrement en solution sous forme de nitrate, est dosé par précipitation à l'état de sulfate. On déduit la masse d'anhydride molybdique, qui se trouve dans le molybdate de baryum analysé, en retranchant de sa masse celle de l'oxyde BaO correspondant au baryum qu'on y a trouvé.

La teneur en anhydride molybdique du molybdate de baryum peut être contrôlée en précipitant l'acide molybdique encore présent dans les eaux de filtration et de lavage du molybdate de baryum, par le chlorhydrate de benzidine, en solution faiblement acide ([1]). Il se forme du paramolybdate de benzidine $7MoO^3, 3(NH^2C^6H^4C^6H^4NH^2)O$, qui calciné laisse un résidu d'anhydride molybdique que l'on pèse. On se base sur ce que la quantité d'anhydride molybdique correspondant à 25^{cm^3} de la solution de paramolybdate d'ammonium 1/70 $[7MoO^3, 3(NH^4)^2O, 4H^2O]$ mol-g/litre est de $0^g,36$, pour en déduire la quantité de cet anhydride qui se trouve sous forme de molybdate de baryum. On constate que les deux procédés d'analyse donnent des résultats concordants.

On observe qu'il existe des intervalles de pH pour lesquels la composition du produit de précipitation demeure constante.

Dans les conditions expérimentales qui ont été indiquées, le pH avant précipitation de la solution de molybdate d'ammonium étant compris entre 9,4 et 6,8, la composition du molybdate de baryum obtenu est MoO^4Ba.

Le pH de la solution de molybdate d'ammonium étant compris entre 5,5 et 3,9, la composition du polymolybdate de baryum obtenu est $5MoO^3$, $3BaO$.

Les variations de pH ont été réalisées dans cette série d'essais au moyen d'acide acétique normal.

Le pH de la solution de molybdate d'ammonium étant compris entre 3,4 et 2,4, la composition du polymolybdate de baryum obtenu est $8MoO^3$, $3BaO$. Les variations de pH ont été réalisées dans cette série d'essais au moyen d'acide acétique pur.

Le pH de la solution de molybdate d'ammonium étant compris entre 1,8 et 1,4, la composition du polymolybdate de baryum obtenu est $3MoO^3$, BaO. Les variations de pH ont été réalisées dans cette série d'essais au moyen de l'acide chlorhydrique normal.

([1]) E. Carrière et Mlle R. Lasri, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1271.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Formation de produits asphaltiques visibles au microscope au cours du vieillissement d'huiles de graissage.* Note [1] de MM. **Lucien-Georges Sabrou** et **Étienne-Marcel Renaudie**, présentée par M. Auguste Béhal.

A l'issue d'essais de contrôle d'altérabilité d'huiles de graissage pour moteurs à combustion interne, essais exécutés en utilisant le matériel de l'Aéronautique française (Norme Air 1093-1933), pendant une durée de 40 heures, et à la température de 150° C., mesurée dans l'huile, nous avons pensé à observer au microscope l'aspect des lubrifiants ainsi vieillis.

Alors qu'à l'état initial, les huiles essayées apparaissaient comme des liquides plus ou moins orangés, sans aucune matière solide en suspension, nous avons remarqué, après vieillissement, des formations asphaltiques d'aspects divers. Ces produits étaient aisément visibles sous un faible grossissement, 30 D., mais celui de 100 D. convenait mieux à leur examen.

Nous avons pu distinguer 4 types d'aspect principaux :

A. Voile continu de produits asphaltiques floconneux, de couleur brune, occupant tout le champ ou ne laissant apercevoir que de rares canaux d'huile libre, et renfermant parfois des amas asphaltiques concrétionnés de couleur fauve sombre (*fig.* 1).

B. Granules ovoïdes, soit isolés (*fig.* 2), soit agglomérés en chaînes ou en amas (*fig.* 3), dispersés dans le médium huileux.

C. Aiguilles asphaltiques translucides, courtes et fines (*fig.* 4).

D. Rares produits asphaltiques visibles, épars et affectant les apparences les plus variées : concrétionnée, cristalline, fibreuse, etc., ou même inexistants, l'huile conservant alors son aspect initial (*fig.* 5).

En dehors du type D, dont la seule particularité est l'extrême rareté, ces formations asphaltiques sont absolument caractéristiques et reconnaissables sans ambiguïté. Mais on peut observer, dans une même préparation, deux types asphaltiques différents, soit régulièrement dispersés dans l'huile, soit répartis en couches, l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure de la préparation.

En examinant les altérations des caractéristiques choisies pour suivre le vieillissement des huiles étudiées, particulièrement les accroissements du taux d'asphalte dur et de la viscosité, nous avons constaté qu'elles étaient

---

(1) Séance du 21 novembre 1938.

en corrélation avec l'aspect microscopique de ces huiles et correspondaient approximativement aux limites suivantes :

	Asphalte dur formé pour 100.	Accroissement de viscosité cinématique à 50° C. et 100° C. pour 100.
Types asphaltiques D et C	inférieur à 0,5	inférieur à 25
» B..............	de 0,5 à 2,0	de 25 à 75
» A..............	supérieur à 2,0	supérieur à 75

Il semble en résulter que l'aspect microscopique des huiles vieillies à

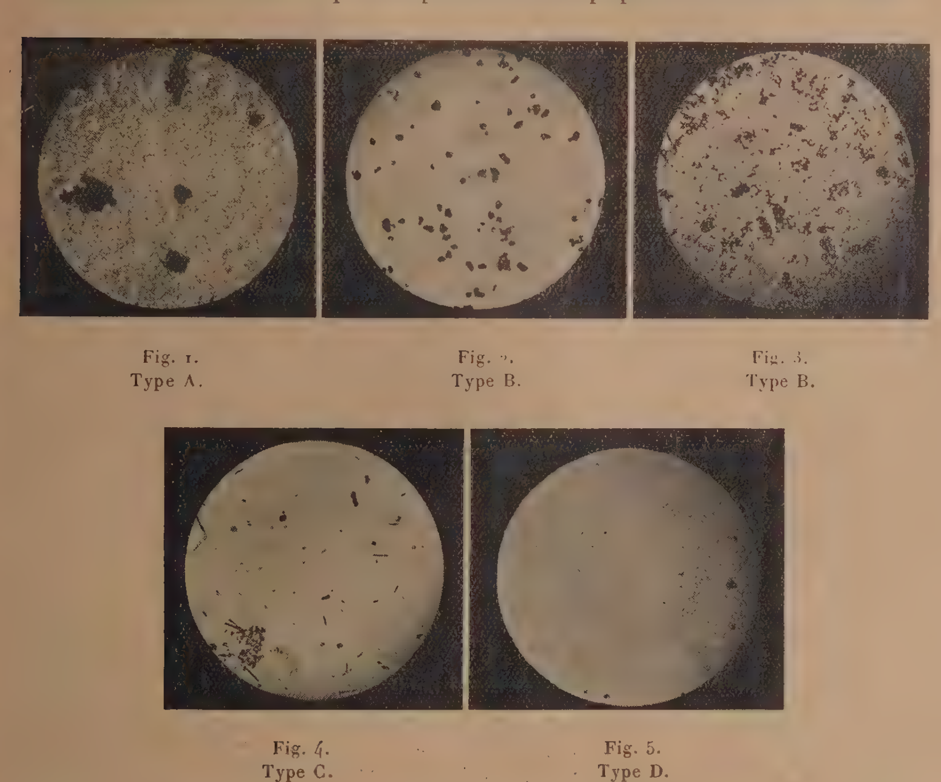


Fig. 1. Type A.

Fig. 2. Type B.

Fig. 3. Type B.

Fig. 4. Type C.

Fig. 5. Type D.

l'étuve Damian, dans les conditions précitées, puisse constituer un critérium du stade d'altération atteint, au même titre que les accroissements d'asphalte dur et de viscosité, auxquels il est lié.

Cette manière de voir est confirmée par le mode de formation et l'évolution dans le temps des gommes visibles au microscope, pour des huiles donnant naissance à une abondante quantité d'asphalte. En effectuant des

prélèvements à intervalles réguliers, au cours du vieillissement, nous avons vu apparaître successivement les formations asphaltiques du type D, puis les aiguilles du type C, se nourrissant et s'agglomérant pour donner les granules du type B, d'abord isolés, puis soudés en amas amorphes ou caténaires et enfin le voile floconneux continu. Cette évolution est progressive, ce qui explique la présence simultanée de deux types asphaltiques différents dans une même huile.

L'aspect microscopique paraît se stabiliser au bout de 24 heures de vieillissement et jusqu'à la fin de l'essai de 40 heures en un type déterminé, qui correspond à la plus ou moins grande résistance de l'huile à l'altération. On peut donc espérer que l'examen microscopique d'une huile artificiellement vieillie dans ces conditions puisse constituer, soit un moyen commode et rapide d'en déterminer l'altérabilité, soit un contrôle des autres caractéristiques servant habituellement à cette détermination.

Nous cherchons actuellement à rapprocher les précédentes constatations d'observations du même genre, effectuées sur des huiles altérées en service dans des moteurs d'automobiles.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Anneaux mobiles dans les gouttes anisotropes de p-azoxyanisol contenant une petite quantité de phloridzine.* Note [1] de M. **Paul Gaubert.**

J'ai indiqué [2] la présence de ces anneaux sans mentionner leur mobilité. Le but de cette Note est d'étudier les conditions de leur production et leurs propriétés optiques.

Les gouttes anisotropes sont produites sur une lame de verre, ou mieux sur une lame fraîche de clivage de phlogopite, avec une platine chauffante, dont la vitesse d'élévation de la température peut être réglée. J'ai examiné des mélanges contenant de 1/150 à 1/20 de phloridzine. Les résultats sont du même genre, mais le nombre des anneaux augmente avec la quantité de matière ajoutée. La phloridzine peut se dissoudre en forte proportion dans le *p*-azoxyanisol à l'état liquide isotrope, mais elle est rejetée presque complètement, sous forme de filaments, la goutte devenant anisotrope.

Voici ce qui se produit avec des gouttes homogènes à surface libre

(1) Séance du 21 novembre 1938.

(2) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1032.

contenant 1/25 de phloridzine, et, pour la facilité des observations, ne dépassant pas 1/3 de millimètre de diamètre et très minces.

Les phénomènes sont différents suivant que ces gouttes proviennent directement de la fusion du corps solide ou du refroidissement du liquide isotrope, fait probablement dû à la quantité de matière étrangère passant dans la goutte anisotrope. Elle est plus faible dans le premier cas.

1° La goutte obtenue, par fusion d'une parcelle aussi mince que possible et maintenue à la même température, montre à la surface un nombre plus ou moins grand de filaments isolés ou accolés pour former des bandes, des plaques et même, si la goutte est très petite, des anneaux parallèles au contour de cette dernière. Ces productions sont plus abondantes si elles sont formées par le passage du liquide isotrope à la phase anisotrope, comme on le verra plus loin.

Quelques minutes après la fusion du solide, apparaissent des anneaux plus ou moins réguliers, parallèles au contour de la goutte, pendant que les filaments disparaissent, comme s'ils contribuaient, en se dissolvant, à la formation des premiers.

Alors que les filaments sont très visibles en lumière naturelle, il n'en est pas de même pour les anneaux mobiles, apparaissant distinctement avec le nicol supérieur, beaucoup moins bien avec le polariseur, du moins il en est ainsi, au moment de leur formation. Leur netteté augmente avec l'abaissement de la température en même temps que leur nombre s'élève légèrement; aussi y a-t-il avantage à favoriser la surfusion du liquide anisotrope, ce qui est possible jusqu'à 55° et même au-dessous.

La rotation du nicol supérieur employé seul, dans le sens des aiguilles d'une montre, rapproche les anneaux du centre de la goutte (partie la plus épaisse). Au contraire, celle du polariseur dans le même sens les éloigne. Il en résulte qu'entre nicols croisés, ces anneaux sont fixes, mais, dans le cas où ces derniers ne sont visibles qu'avec le nicol supérieur (*p*-azoxyanisol et 1/25ᵉ de cholestérine), ils sont mobiles comme si celui-ci existait seul. Une rotation de 180° substitue un anneau au suivant. On a là un fait analogue à celui que j'ai observé autrefois avec l'analyseur sur les sphérolites à enroulement hélicoïdal d'anisal-*p*-amidoazotoluol (³).

Sans essayer de donner une explication de ce phénomène dépendant de causes complexes, on peut supposer que la matière étrangère *active* ajoutée,

(³) Paul Gaubert, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 907.

se trouve à l'état de particules en suspension dans le liquide anisotrope provoquant, en dehors de la torsion des plages (Mauguin, G. et E. Friedel) un enroulement hélicoïdal, comme dans les sphérolites de malonamine, contenant une petite quantité d'acide tartrique actif (Wallerant). Ces anneaux mobiles rappellent aussi les franges mobiles des corps cholestériques étudiées par G. Friedel.

Pour fixer les idées, je fais remarquer qu'une goutte de 1/10e de millimètre de diamètre, montre 6 et 8 anneaux avec 1/20e de phloridzine et 1 ou 2 seulement avec 1/100e.

Ils suivent les courbes de niveau et sont parfois très larges, aussi rappellent-ils les limites des plans de Grandjean.

2° Les gouttes, provenant du refroidissement du liquide isotrope, montrent à leur surface, mais en plus grande quantité, les filaments, les bandes, les plaques, les anneaux fixes signalés plus haut. Au bout de quelques minutes, ces formations très nettes en lumière naturelle, disparaissent peu à peu, du moins en grande partie, et il se forme des anneaux plus ou moins réguliers, très serrés et à peu près trois fois plus nombreux que ceux de la même goutte obtenue par le premier procédé.

Contrairement à ce qui a lieu pour les anneaux décrits au début, ils sont visibles en lumière naturelle et plus distincts avec le polariseur qu'avec l'analyseur. Leur visibilité augmente avec l'abaissement de la température.

Les anneaux étant très serrés, leur mobilité est plus difficile à constater que dans les gouttes provenant directement de la fusion. A côté d'eux, il peut s'en trouver de fixes provenant de la séparation de la phloridzine au moment où la goutte devient anisotrope, ce qui complique beaucoup les figures décrites autrefois par O. Lehmann (Schraffierung).

En terminant, je ferai remarquer que l'étude des groupes d'anneaux dans les gouttes anisotropes produites par les deux procédés, permet de mettre en évidence, dans le cas où elles sont hétérogènes, les plages superposées, ou côte à côte, qui les composent.

PÉTROGRAPHIE. — *Les éléments lourds dans les sables désertiques.* Note de M. Pierre Bellair, présentée par M. Lucien Cayeux.

L'examen des éléments lourds contenus dans les sables désertiques recueillis dans le Sahara septentrional m'a permis de noter des différences systématiques et constantes de répartition particulièrement remarquables.

La méthode employée a été une séparation au bromoforme, suivie d'un triage à l'électroaimant ; on fait ainsi trois lots pour chacun des échantillons examinés : très attirable, moyennement attirable, non attirable.

Les échantillons examinés provenaient tous de sables recueillis sur les parcours suivants : Ghardaïa-El Goléa, Ghardaïa-Ouargla, Ouargla-Touggourt-Biskra.

Les éléments minéralogiquement identiques sont tous de même taille ; le triage éolien est aussi parfait pour les éléments lourds que pour les grains de quartz ; naturellement, leur taille est beaucoup plus petite que celle de ces derniers.

Deux groupes distincts de sables se révèlent à l'analyse :

1° *Le lot occidental*, dont les échantillons sont caractérisés par l'extraordinaire abondance des grains de zircon, ayant gardé leur forme minéralogique. Les autres éléments sont : la muscovite (Grand Erg occidental, reg à 100^{km} de Ghardaïa), les minéraux titanifères (brookite, anatase, rutile), rares en général, la tourmaline, parfois abondante (échantillon prélevé sur une dune en travers de la piste à 80^{km} d'El Goléa), et surtout la magnétite, extrêmement fréquente. Les échantillons analysés provenaient du Grand Erg occidental à El Goléa, de sables épars au voisinage de la palmeraie d'El Goléa, de dunes rencontrées au long de la piste (deux échantillons à 80 et 40^{km} d'El Goléa) et de sables épars, sur la piste Ghardaïa-El Goléa, le plus septentrional provenant de la région de l'oued Seb-Seb.

Il est à noter qu'on ne peut déceler aucune différence qualitative nette entre la répartition minéralogique des éléments lourds des sables du Grand Erg occidental vers El Goléa, et celle des dunes et sables de regs recueillis à une grande distance (100 à 200^{km}) de cet ensemble arénacé. C'est là une preuve que ce matériel éolien très mobile qui parsème la surface des hammadas et des regs entre Ouargla, Ghardaïa et El Goléa a été arraché au Grand Erg occidental. D'autre part, la présence très abondante de magnétite et de zircon ayant gardé leur forme cristallographique semble impliquer une origine directe à partir de roches éruptives (provenance possible du Sahara marocain par la vallée de la Saoura).

2° *Le lot oriental* (Ouargla, Touggourt), où le zircon est exceptionnel, la muscovite abondante, la magnétite rare ou très rare. Les éléments occasionnels sont le rutile, le grenat rose, la staurotide, la tourmaline et le sphène. Les échantillons provenaient des bords de la palmeraie de Ouargla, de sables recueillis entre Ouargla et Touggourt (trois échantillons sur ce

trajet) et enfin des dunes des environs de Touggourt (grande Guemirah). De plus, il faut noter une couleur plus pâle des sables de cet ensemble, comparée à la teinte orangé vif des dunes d'El Goléa.

L'étude des minéraux lourds dans les sables sahariens montre que les échanges de matériel éolien semblent faibles à grande distance, entre les différents grands édifices dunaires du Sahara septentrional, et *ceci vaut depuis la constitution de ces édifices*. Elle souligne, pour la région envisagée, l'importance de la *dorsale Hoggar-Laghouat* (¹). Cette ligne de hauteurs, séparant les deux anciens bassins fluviaux de la Saoura et de l'Igharghar, continue, depuis l'établissement du régime désertique, à être un obstacle infranchissable, même aux transports éoliens d'éléments très mobiles.

Il est probable qu'une étude plus détaillée des minéraux lourds provenant des sables des différents ergs donnerait des résultats intéressants et permettrait peut-être de jeter quelques lumières nouvelles sur l'origine, la formation et l'évolution de ces grands ensembles. Il apparaît, en effet, que les sables désertiques présentent les éléments lourds caractéristiques des sables fluviatiles qui leur ont donné naissance; on ne saurait, au contraire, comparer l'aspect global des deux formations, le vannage éolien et les oxydations superficielles ayant passablement modifié le sédiment originel.

PÉTROGRAPHIE. — *Le caractère pétrographique de la série éruptive du Jebel Sarro, Antiatlas marocain.* Note de M. **St. Ghika-Budesti.**

Les roches qui affleurent au col qui monte de l'Akka n'Oulili à l'Oul n'Ousir sont typiques pour la suite magmatique signalée dès 1934 [2] et qui peut être comparée à la série de la mangérite ou à celle de la charnockite.

Ces roches ont une structure massive à grain moyen; le quartz est peu visible à l'œil nu. Le feldspath potassique est pigmenté en rouge brunâtre; le plagioclase est verdâtre bleuté : c'est une andésine très altérée en un feutrage séricíteux avec quelques plages irrégulières de chlorites (pennine). Le feldspath potassique est une microperthite nuageuse pigmentée d'une fine poussière brunâtre. Le quartz à contours anguleux forme des structures impliquées par petites plages avec les feldspaths; les myrmékites

---

[1] E. F. Gautier, *Structure de l'Algérie*, 240 p., 46 fig., Paris, 1922.

[2] *C.R.S.S. de la Soc. Géol. de France*, **14**, 1934, p. 208.

aussi sont abondantes. Parmi les éléments colorés les pyroxènes monocliniques prédominent; c'est surtout du diallage ($c:n_g < 40°$, $+2V < 60°$) dont le clivage supplémentaire 100 est distinct; il contient d'abondantes inclusions microlitiques opaques. Certaines plages du pyroxène sont transformées en hornblende brune à pléochoïsme acajou, mais c'est principalement une ouralite fibreuse qui a remplacé des cristaux entiers; quelques paillettes de biotite apparaissent aussi. L'antigorite remplace directement et progressivement le pyroxène donnant les pseudomorphoses en bastite.

Sur les 17 analyses micrométriques exécutées, nous citons les suivantes :

	Q.	Kf.	Pg.	Pyr.	Chl.	Acc ([a]).
GG 102........	17	31	27,5	15	5,5	3,5
GG 101........	23	32,5	32	6,5	1,5	3,9
CG 145........	19	33,7	40,5	1,2	5,3	0,5
CG 4..........	29,5	25,5	36,5	–	6,7	1,5
GG 110........	16,5	22,6	34,3	13,2	11,5	2
CC 16.........	10,3	15,1	49,1	16,6	3,7	4,7
CG 1..........	10,5	12,3	54,4	9,8	10,4	2,3

([a]) Q, quartz; Kf, feldspath potassique (microperthite); Pg, plagioclases; Pyr, pyroxène et amphiboles qui en proviennent; Chl, chlorites; Acc, minéraux accessoires, principalement minerai opaque.

Nous devons à M. R. Frey l'analyse de deux échantillons.

	CG 145.	CG 4.		CG 145.	CG 4.
SiO^2..........	64,1	61,6	H^2O^+..........	1,2	1,0
Al^2O^3.........	18,0	17,2	H^2O^-..........	0,29	0,33
Fe^2O^3.........	2,4	2,4	CO^2...........	0,30	0,18
FeO..........	2,8	4,4	TiO^2..........	0,65	0,94
MgO..........	1,7	2,2	P^2O^5..........	0,35	0,40
CaO..........	2,7	2,8	S..............	0,11	0,08
Na^2O.........	2,5	2,4	MnO..........	0,08	0,16
K^2O.........	3,3	4,0	Somme.....	100,48	100,09

Dans une classification basée sur le rapport quantitatif des minéraux leucocrates, les roches de l'Akka n'Oulili se placent parmi les roches quartzifères, dans la catégorie où la quantité de feldspath potassique est moindre que celle du plagioclase; les termes les plus potassiques (GG 102) seraient des granites à tendance monzonitique, mais lorsque le plagioclase l'emporte ce sont des granodiorites variant des adamellites (CG 145) aux monzotonalites (CG 4). Comme les microperthites contiennent aussi du plagioclase, il est correct de classer toutes ces roches dans la famille des grano-

diorites. Ces variations ont peu d'importance par rapport aux caractères communs qui sont les suivants : le feldspath potassique apparaît toujours sous forme de microperthite, le quartz a toujours une structure impliquée et l'élément mélanocrate est toujours un pyroxène, principalement du diallage à inclusions microlitiques opaques.

Ces caractères sont ceux que Holland a mis en évidence dans la série des charnockites des Indes ([2]) et que l'on retrouve dans les mangérites de Norvège, avec cette différence cependant que les roches du Sarro ne contiennent pas d'hypersthène. La composition globale, minéralogique et chimique correspond à celle de la division intermédiaire de Holland et de Groves ([3]). La teneur en alcali paraît trop élevée au Sarro, mais les caractères chimiques devront être discutés pour l'ensemble des provinces pétrographiques.

Les roches de l'Akka n'Oulili sont des granodiorites appartenant à la série des charnockites. Elles font partie au Sarro d'une suite très étendue de roches consanguines appartenant à la suite magmatique que Goldschmidt dénomme tronc mangéritique. Dans le socle africain il est déjà connu dans l'Uganda, au Kenya, au Gabon, à la Côte d'Ivoire ([4]), à la Sierra Leone et au Benguella. Ce sont partout des roches précambriennes.

GÉOLOGIE. — *Sur l'Albien inférieur du Boulonnais.* Note ([1]) de M. Auguste-Pierre Dutertre, transmise par M. Charles Barrois.

Dans un très intéressant mémoire sur l'Albien de Wissant, MM. J.-P. et P. Destombes ([2]) ont affirmé l'existence à Wissant de la zone à *Leymeriella tardefurcata* (zone IV de l'Albien de M. Ch. Jacob) et des trois sous-zones de M. L. F. Spath (s.-z. à *Hypacanthoplites Milletianum*, s.-z. à *Leymeriella regularis* et s.-z. à *Douvilleiceras mammilatum*), correspondant à cette même zone; en outre, ces auteurs ont conclu qu'à Wissant la transgression ne date pas de l'Albien moyen mais de l'Albien inférieur avec la

---

([2]) *Memoirs of the Geol. Survey of India*, 27, 1900, p. 118.
([3]) *Quart. Jour. of the Geol. Soc. London*, 91, 1935, p. 150.
([4]) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 18.

([1]) Séance du 21 novembre 1938.
([2]) *Ann. Soc. Géol. Nord*, 62, 1927, 2e livr. (mai 1938), p. 98-113.

zone à *Hyp. Milletianum* et qu'il y aurait une lacune des zones à *Acanthoplites Jacobi* et *Acanthoplites Nolani* de M. L. F. Spath (zone III à *Douvilleiceras nodosocostatum* de M. Ch. Jacob).

Cette interprétation repose sur la découverte faite par MM. Destombes dans les sables verts inférieurs d'une ammonite qu'ils ont cru pouvoir identifier à *Hyp. Milletianum*, espèce qu'ils déclarent avoir recueillie en abondance dans leur niveau phosphaté Ph. 1.

La présence de *Hyp. Milletianum* dans l'Albien de Wissant a été signalée depuis longtemps par Edm. Rigaux (*Mém. Soc. Acad. de Boulogne-sur-Mer*, 14, 1892), d'après quelques ammonites recueillies par G. Le Mesle, mais aucun de ces fossiles, conservés au Musée géologique du Boulonnais (n° 2780 du Catalogue), ne peut être identifié à cette espèce.

Hyp. Milletianum est une ammonite riche en variétés : l'holotype d'Alc. d'Orbigny [3] est caractérisé par sa forme peu comprimée, ses grosses côtes saillantes, peu nombreuses et également espacées, tel qu'il se trouve au niveau de Machéroménil (Ardennes); parmi les *variétés*, il en est une qui est caractérisée par sa petite taille, sa forme comprimée, ses côtes fines, assez nombreuses et assez serrées, que P.-H. Fritel [4] a décrite comme *var. elegans :* cette petite forme apparaît à un niveau inférieur à celui de Machéroménil et peut être distinguée à titre d'espèce indépendante.

C'est précisément cette petite forme (*Hyp. elegans*) que MM. Destombes ont tout récemment découverte dans les sables glauconieux inférieurs de Wissant et qu'ils ont citée dans la faune de leur niveau phosphaté Ph. 1 à la base de la zone à *Douv. mammillatum;* les échantillons que ces auteurs ont signalés à ce niveau se présentent soit à l'état de fragments roulés, soit à l'état de moules inclus dans des nodules roulés de grès ferrugineux ou de phosphate et sont certainement remaniés; leur gisement originel doit être recherché dans les sables glauconieux inférieurs au sommet desquels ils se trouvent dans un petit niveau phosphaté.

Quant aux ammonites signalées par MM. Destombes sous le nom de *Hyp. Milletianum* dans leur niveau phosphaté Ph. 1 situé un peu plus haut, en compagnie de *Douv. mammillatum*, *Beudanticeras ligatum* et d'autres fossiles, elles ne peuvent pas être identifiées à cette espèce : les caractères de cette ammonite (forme comprimée, tours peu embrassants, côtes assez fines)

---

[3] *Paléontologie française, Terr. crétac.*, Atlas, I. Céphalop., Pl. 77, fig. 1 et 2.
[4] *Le Naturaliste*, n° 472, 1905, p. 245.

la rapprochent singulièrement de *Acanthoplites Jacobi* L.-W. Collet; ces ammonites se trouvent à l'état de fragments roulés en phosphate et ont été certainement remaniées d'un horizon inférieur.

Dans l'intérieur du pays boulonnais, les sables glauconieux à *Douv. mammillatum* reposent transgressivement soit sur le Wealdien, soit sur les sables aptiens à *Trigonia alæformis* (Les Burets, commune de Longueville), soit sur des sables blancs (Petit Bellebée, commune d'Henneveux) d'âge imprécis (Albien ou Aptien supérieur); ils contiennent à leur base des fragments roulés en phosphate d'une ammonite, non encore signalée dans le Boulonnais, qui s'identifie à *Ac. Uhligi* L.-W. Collet ([5]) non Anthula ([6]) et que, pour éviter toute confusion, je propose de désigner sous le nom de *Ac. Spathi* n. sp., en me référant aux figures 7 et 8 de la Planche 8 du Mémoire de M. L.-W. Collet ([7]).

De plus, parmi les ammonites qui ont été découvertes tout récemment dans l'Albien inférieur de Folkestone par MM. Casey et L. F. Spath, et que ce dernier a bien voulu me communiquer au *British Museum*, j'ai pu reconnaître, avec M. L. F. Spath, toutes les ammonites que je viens de citer dans l'Albien inférieur du Boulonnais et, fait intéressant, les fossiles des deux provenances se présentent exactement dans le même état de conservation.

Ainsi, à Wissant et à Folkestone, il subsiste des vestiges de la sous-zone à *Ac. Jacobi* et des dépôts d'une autre sous-zone (sables à *Hyp. Elegans*) plus ancienne encore; la lacune stratigraphique, sur laquelle j'ai ([8]) attiré incidemment l'attention, ne correspond donc pas à la totalité des premiers dépôts albiens inférieurs [s.-z. à *Ac. Nolani* et s.-z. à *Ac. Jacobi* de M. L. F. Spath ([9])], mais, plutôt, à une partie seulement des couches groupées dans le *Leymeriellan*, certaines sous-zones de l'Albien inférieur étant très réduites ou même représentées seulement par des fossiles phosphatés roulés à l'état de galets.

Les sables glauconieux à *Hyp. elegans* de Wissant sont les premiers

---

([5]) *Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. de Genève*, 35, III, 1907, p. 519-529.

([6]) *Beit. zur Palaeont. und Geolog. des Oesterreich-Ungarns und des Orients*, XII, II et III, 1899.

([7]) *Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. de Genève, loc. cit.*

([8]) *Ann. Soc. Géol. du Nord*, 62, 1937, 2e livr., mai 1938, p. 120.

([9]) *Proceed. Geol. Assoc.*, 34, 1923, p. 70-76.

sédiments albiens déposés dans le Boulonnais, si toutefois les sables blancs ([10]) à stratification entrecroisée sous-jacents n'appartiennent pas déjà à cet étage.

A l'époque de l'Albien moyen, la mer à *Douv. mammillatum* a recouvert toute la région boulonnaise et les sables qu'elle a déposés contiennent, à la base, des fossiles (*Ac. cf. Jacobi*, *Ac. Spathi*, *Hyp. Milletianum* à peu près typique etc.) roulés et remaniés de plusieurs niveaux de l'Albien inférieur ravinés par la transgression.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'un horizon fossilifère en Ardenne française dans le massif ardoisier de Rocroi*. Note ([1]) de M. **François Tanazacq**, transmise par M. Charles Barrois.

De part et d'autre, et quelques mètres au sud, du pont dit du *Grand Moulin de Maubert*, à Maubert-Fontaine (Ardennes), nous avons trouvé un niveau fossilifère dans le terrain schisteux, considéré comme Cambrien, du massif de Rocroi. Les fossiles, la plupart non spécifiquement déterminables, sont :

1° des vésicules elliptiques de quelques millimètres, couvrant des lits entiers et qui pourraient être des algues.

2° des ramuscules dichotomes, et divers axes grêles d'apparence droite ou segmentée, pouvant être rapportés à des algues ou à des hydrozoaires;

3° des traces et des pistes attribuables à des vers, souvent visibles à la surface de lits gréseux de quelques centimètres d'épaisseur;

4° enfin, dans ce niveau fossilifère du Grand Moulin, quartzophyllades zonaires et phyllades rubannés, gris et noirs, qui offrent une si étrange ressemblance lithologique avec les couches de passage à *Dictyonema* du Revinien au *Salmien* belge, nous avons trouvé un échantillon bien conservé de *D. flabelliforme* Eichwald ([2]), caractéristique en Belgique des couches intermédiaires entre Revinien et Salmien.

([10]) D'après l'analyse granulométrique faite par M. Rivière, ce sont des sables côtiers.

([1]) Séance du 21 novembre 1938.

([2]) Cet échantillon a été trouvé parmi des écailles schisteuses en voie d'éboulement sur une surface de clivage, ce qui ne nous a pas permis jusqu'à ce jour, malgré nos efforts, de fixer la position exacte du lit dont il provient.

Or ce niveau fossilifère de Maubert est situé entre un ensemble revinien et une bande de roches, souvent vertes, considérées antérieurement par A. Dumont comme devilliennes (anticlinal d'Éteignières). Ces dernières contiennent le niveau diabasique connu en bordure du Devillien de Rimogne, et sont entourées d'une série jalonnée jusqu'au Revinien supérieur par six niveaux analogues dont les termes élevés sont en accord avec la stratigraphie de G. Waterlot. La découverte d'une centaine de gîtes nouveaux de diabases et porphyroïdes à l'est de Maubert et au nord de Rimogne, dont la position sera précisée dans un Mémoire plus étendu que la précédente Note, nous permet de signaler l'existence de ces niveaux, et la connaissance d'une tête anticlinale dans la coupe du Ruisseau des Moulins de Maubert nous sert d'argument pour distinguer le sens des symétries dans ce matériel isoclinal.

Dans ces conditions, il apparaît que la position de l'horizon à *Dictyonema* soit, en réalité, en Ardenne, à la base plutôt qu'au sommet du Revinien. En ce cas, *une partie au moins de ce qui a été appelé* Salmien *ne serait qu'un faciès du Devillien supérieur.* Nous avons vérifié dans le Brabant (autour de Court-Saint-Étienne) et en Ardenne belge (autour du Vielsalm) que rien ne s'oppose à cette suggestion, qui appelle toutefois de plus amples recherches. Qu'il en soit ainsi, ou bien qu'il soit démontré que les *Dictyonema* sont à la fois à la base et au sommet du Revinien, de toutes façons *cet étage devient l'équivalent du Trémadoc* et seul le Devillien représente en Ardenne le Cambrien *sensu-stricto*.

OCÉANOGRAPHIE. — *Le dépôt des sédiments en Méditerranée occidentale.* Note de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Les observations sur la vitesse à laquelle s'effectue le dépôt des sédiments en Méditerranée occidentale sont, à ma connaissance, en petit nombre.

Dans son Mémoire sur les fonds sous-marins de Banyuls, G. Pruvot [1] a signalé qu'il existait au bord du Plateau continental une zone de sables et graviers dont le transport n'a pu être effectué par les faibles courants actuels, et il admet que la formation de ce plateau remonte à une époque antérieure; il mentionne en outre que les rivières actuelles ne charrient

(1) *Arch. Zool. exp. et gen.*, 3e série, 2, 1894, p. 599-672, une carte h. t.

plus que des sédiments fins qui se déposent bien avant le bord du Plateau continental et constituent la vase côtière qui recouvre, près du rivage, les graviers et les sables précédents.

La découverte, en 1897, d'un gisement sous-marin de coquilles anciennes au voisinage du Cap de Creux ([2]) est venue confirmer ces précédentes recherches.

F. Thoulet (*Ann. Inst. Océan.*, 4, VI, Paris 1912) a estimé la vitesse de la sédimentation dans le Golfe du Lion à 1^{mm} par an.

Plus récemment, L. Dangeard ([3]) a signalé que les graviers et les sables sont limités à une auréole au bord de la côte, et que les vases règnent partout au delà de cette frange littorale de 40^m à 50^m de profondeur; enfin, il indique une large bande de vase sableuse interposée entre la vase côtière et la vase du large.

L'étude minéralogique des sédiments dragués en Méditerranée par le *Pourquoi-Pas?* en 1922-1923 m'a permis d'apporter quelque contribution aux observations précédentes.

Les teneurs en SiO^2 indiquées par les 22 analyses effectuées sont en général très faibles :

15 échantillons renferment moins de 8 pour 100 de SiO^2; les 7 autres contiennent 17 à 40 pour 100 de silice.

Les teneurs en Al^2O^3 sont toujours inférieures à 2,5 pour 100. Les faibles valeurs de ces chiffres pourraient déjà faire supposer que les apports détritiques sont peu importants, puisque l'on constate une baisse très rapide des teneurs en quartz dans les stations éloignées des embouchures des rivières.

La rareté des minéraux lourds, dans toutes les stations, même dans celles voisines d'un gisement de roches éruptives ou cristallophylliennes, ainsi que le manque de sélection des minéraux de P. S. inférieur à 2,90 et des minéraux lourds indiquent la très faible importance des transports par les courants.

L'étude des dimensions du quartz permet de noter que dans les stations très voisines des embouchures de cours d'eau, il existe une certaine quantité de grains quartzeux assez volumineux (500 à 800^{μ}), tandis que dans les échantillons éloignés des rivières, ou dragués au large, les dimensions des grains de quartz sont beaucoup plus réduites (25 à 200^{μ}).

([2]) *Arch. de Zool. exp. et gen.*, 3e série, 5, 1897, p. 572.

([3]) *Ann. Inst. Océan.*, 6, I, 1928, p. 293, 27 fig., 8 pl., 18 cartes.

Une partie de ce quartz provient certainement de la désagrégation des calcaires détritiques qui libèrent alors de très petits éléments quartzeux pouvant être transportés au loin, mais une forte proportion de ces petits fragments existe à l'état libre, incorporés à la fine boue calcaire que l'on observe avec plus ou moins d'abondance dans tous les échantillons dragués où elle se présente sous l'aspect d'une fine poussière calcaire renfermant très peu d'argile, comme l'ont montré les analyses chimiques et les analyses thermiques différentielles effectuées.

On est donc amené à conclure que les apports détritiques se font sur une étroite bande près des côtes et que, seuls, les petits éléments parviennent au large.

En examinant la part que tiennent les éléments organiques dans la sédimentation, on pourra apprécier approximativement la quantité de calcaire apporté à la mer en petits éléments, dissous, puis fixé par les organismes (4).

L'étude a été faite par comptage des grains, minéraux et organiques, divisés en trois lots par tamisage, puis par l'évaluation des rapports en poids, après détermination des poids spécifiques de chacun; elle a permis de connaître la proportion existant entre les éléments organiques et détritiques du sédiment; j'ai constaté que les premiers ne représentent parfois que 50 à 60 pour 100 de l'ensemble, mais qu'ils atteignent fréquemment 75 et même 88 pour 100 du poids total du sédiment.

Mais l'étude du quartz et des minéraux lourds a montré que la plus grande partie des éléments détritiques ne dépassait pas une étroite bande côtière; on peut donc en conclure que, malgré la présence des organismes, les matériaux constituant le sédiment s'accumulent très lentement.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les pluies torrentielles en Tunisie.*

Note de M. Charles Bois, présentée par M. Charles Maurain.

On qualifie de torrentielle toute pluie ayant fourni une hauteur d'eau égale à 30^{mm} au moins pour une durée de 24 heures à la station d'observation. De telles précipitations ne sont pas rares en Tunisie, où elles provoquent souvent des crues occasionnant des dégâts plus ou moins graves. Afin d'être en mesure de prévenir ces dégâts, il est nécessaire de connaître

(4) L. Cayeux, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 9.

les caractéristiques des pluies torrentielles sur le territoire de la Régence. La présente Note a pour objet de résumer les résultats de recherches relatives à leur fréquence et à leur importance.

Ce travail devra être complété ultérieurement; les observations n'ont été entreprises en Tunisie qu'à une date relativement récente (les trois stations les plus anciennes ont été créées il y a environ 50 ans). Le régime des pluies varie beaucoup d'un point à l'autre : il est indispensable d'étudier les données d'un nombre de stations aussi grand que possible. J'ai donc dressé une statistique des observations des 80 stations tunisiennes ayant fonctionné sans arrêt de 1918 à 1937. Pour chacune d'elles, j'ai calculé la fréquence annuelle moyenne des pluies ayant fourni au moins 30, 40, 50, ..., 100^{mm} en 24 heures. Dans le tableau ci-dessous, extrait de ce

Fréquences annuelles moyennes des pluies ayant fourni en 24 heures au moins.

Stations.	30^{mm}.	60^{mm}.	100^{mm}.
Kroumirie			
Ain Draham	14,65	2,75	0,55
El Feïdja	8,85	1,15	0,20
Tabarka	6,20	0,45	0,05
Souk el Arba	0,85	–	–
Béjaoua-Mogods			
Sedjenane	5,40	0,60	–
Béja	2,60	0,15	–
Bizerte	2,35	0,15	–
Golfe de Tunis			
Tunis	2,30	0,25	0,05
Cap Bon			
Kélibia	2,45	0,40	–
Grombalia	2,65	0,60	0,15
Hammamet	2,55	0,65	0,10
Dakla			
Téboursouck	2,45	0,50	0,25
Medjez el Bab	1,30	–	–
Hautes Plaines			
Maktar	2,30	0,15	0,05
Thala	2,15	0,30	0,15
Le Kef	2,20	0,05	–

Stations.	30^{mm}.	60^{mm}.	100^{mm}.
Oued Miliane			
Zaghouan	2,95	0,45	0,05
Région de Kairouan			
Kairouan	1,40	0,15	–
Région de Sousse			
Sousse	1,95	0,35	0,10
El Djem	1,70	0,25	–
Région de Sfax			
Sfax	1,30	0,25	–
Région de Gafsa			
Gafsa	0,45	–	–
Région de Metlaoui			
Metlaoui	0,25	–	–
Région de Gabès			
Gabès	0,90	0,20	–
Arad			
Djerba	1,20	0,40	0,05
Médenine	0,80	0,10	0,05
Territoires de Sud			
Kebeli	0,50	0,20	–
Matmata	2,15	0,70	0,35
Tatahouine	0,50	0,10	–

travail, on trouvera les valeurs de ces fréquences dans 30 stations pour les pluies ayant fourni au moins 30, 60 et 100^{mm} en 24 heures.

On observe les fréquences les plus élevées au Nord de la Kroumirie et

dans le massif des Mogods; les pluies torrentielles sont relativement rares dans le Sud de la Tunisie, surtout dans la région des oasis. Entre ces extrêmes, la variation est assez irrégulière. Le maximum observé a été de 231^{mm} près de Téboursouk; on a noté en tout quatre pluies de 200^{mm} et plus sur tout le pays.

Les résultats obtenus constituent une base de comparaison; est-il légitime de les utiliser pour les besoins de la pratique? Si l'on calcule les valeurs de la fréquence d'après la totalité des observations faites aux mêmes stations, on trouve, pour l'ensemble des pluies de 30^{mm} au moins, des résultats s'écartant peu des précédents. Pour les pluies de 100^{mm} et plus, les valeurs sont en général plus élevées. Parfois, il ne s'est produit en 20 ans aucune précipitation de cette importance, tandis que pendant les années qui ont précédé on en a observé une ou plusieurs. Pour les applications techniques, on devra donc utiliser les valeurs de la fréquence calculées d'après l'ensemble des données dont on dispose. Pour les postes où jusqu'à ce jour aucune pluie de 100^{mm} n'a été observée, il est possible de suppléer dans une certaine mesure au manque de données.

La fréquence décroît rapidement quand la hauteur d'eau augmente: on peut représenter sa variation par la formule empirique [1]

$$\log \frac{f_0}{f} = a(h - h_0),$$

où f représente la fréquence d'une pluie ayant fourni une hauteur au moins égale à h; f_0 correspond à $h_0 = 30^{mm}$; a est un coefficient positif variant suivant la station. Sauf quelques exceptions, les résultats sont satisfaisants, au moins en première approximation; on peut d'ailleurs les améliorer dans certains cas par l'adjonction de termes du deuxième et du troisième degré. Après le calcul du coefficient a d'après les données de l'observation, on peut tirer de la formule une valeur de f correspondant à $h = 100^{mm}$. On obtiendra ainsi une valeur provisoire de la probabilité annuelle d'une pluie de 100^{mm} au moins. De la sorte, il a été possible de déterminer plus correctement le périmètre des zones où les pluies de 100^{mm} sont à redouter.

---

[1] Les formules proposées par A. Coutagne (*La Météorologie*, 3e série, n° 15, Paris, mai et juin 1938, p. 155-165) n'ont pas fourni de résultats satisfaisants. Le problème posé est d'ailleurs un peu différent.

CYTOLOGIE. — *La cyclose chromatique des Péridiniens est un stade (prophase-métaphase) de leur division.* Note de Mlle **Berthe Biecheler**, présentée par M. Maurice Caullery.

En 1935 (¹), j'ai décrit la cyclose chromatique chez quelques Péridiniens, et j'ai émis l'hypothèse que ce phénomène était lié directement à la division nucléaire.

En 1937 (²), Chadefaud, qui observe une cyclose intranucléaire dans la baside de certains Hyménomycètes, arrive à cette conclusion qu'elle n'est nullement en relation avec la mitose. Mais il s'agit là d'une cyclose différente de celle que présente le noyau des Péridiniens, car, chez les Hyménomycètes, seul le nucléole est mobile à l'intérieur du noyau. D'après Chadefaud, ce mouvement est dû à une fluidification du caryoplasme.

J'ai pu revoir la cyclose chromatique chez différents Péridiniens, et notamment chez le *Peridinium sociale* Henneguy, où j'ai suivi le sort de quelques individus qui la présentaient. Je n'ai jamais vu le début du phénomène, car on ne peut repérer que les formes chez lesquelles la cyclose est déjà en train. Tous les Péridiniens observés ont abouti, après un temps assez long, de 20 à 30 heures, à la formation de deux individus sortant de la carapace de l'exemplaire initial, avant que la division cytoplasmique ne soit achevée. Ainsi j'ai eu la preuve directe de l'aboutissement à la division des formes à noyau en cyclose. J'ai pu, du reste, suivre sur le vivant les stades les plus importants de la mitose. Ils seront étudiés en détail dans un travail ultérieur.

La confrontation de mes observations sur le vivant avec celles du matériel fixé et coloré m'a permis de constater que le clivage longitudinal des chromosomes se fait toujours durant la cyclose. La séparation des chromatides, marquant le stade métaphase, se fait aussi à ce moment.

Le mouvement dans lequel sont entraînés les chromosomes rend l'observation de ce stade très difficile sur le vivant. Pendant toute sa durée, le noyau présente un volume double ou triple de celui du noyau au repos. Ainsi peut s'expliquer fort bien que des chromatides, qu'elles soient en V, en U, ou linéaires, puissent, à ce moment, se séparer selon le mode syndi-

(¹) B. Biecheler, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 503.

(²) M. Chadefaud, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 515.

nien ([3]). Après leur séparation, la cyclose se ralentit et le noyau entre en anaphase. Donc la cyclose englobe et le clivage des chromosomes et la métaphase.

Dans ma Note de 1935, faite uniquement d'après des observations sur le vivant, j'écrivais, en parlant des noyaux en cyclose : « La masse chromatique de ces gros noyaux est fragmentée en chromosomes beaucoup plus nombreux et plus fins que celle des noyaux normaux. » Si je n'avais pas saisi la cyclose sur le vivant, ces noyaux fixés et colorés me seraient apparus comme des noyaux monstrueux, n'ayant plus rien de commun avec ceux des individus au repos. Or, l'étude de mes préparations me montre qu'il y a des termes de passage entre les noyaux au repos et les noyaux en cyclose.

Avant la cyclose, au début de la prophase, il y a gonflement, suivi d'un allongement des chromosomes, accompagné d'un agrandissement notable du noyau. Ces éléments, plus allongés, s'entortillent dans le noyau et donnent ainsi l'impression d'un nombre de chromosomes plus élevé. Leur allongement n'est pas synchronique, de sorte qu'un noyau peut en contenir de longueur et d'épaisseur variables. Lorsque la cyclose commence, tous sont entraînés par le mouvement tourbillonnaire, tout en continuant de s'étirer et prennent dès lors un aspect moins tourmenté. On peut constater qu'un chromosome qui est en train de se cliver est approximativement trois ou quatre fois plus long qu'un même élément de cellule au repos. Depuis le gonflement des chromosomes jusqu'après la séparation des chromatides, le noyau reste très gros. Ainsi, dans les préparations voit-on beaucoup d'individus présentant des noyaux volumineux et où le nombre des chromosomes paraît bien supérieur à celui qui constitue le noyau normal d'une espèce donnée. Il est à remarquer que ces noyaux accrus et en cyclose sont tous en prophase ou en métaphase, et jamais en anaphase ou en télophase. Ces derniers ont toujours l'aspect caractéristique des noyaux normaux, ce qui vient bien à l'appui de la conception développée ci-dessus de la mitose chez les Péridiniens.

Certains auteurs, A. Borgert ([4]), R. Hovasse ([5]), ont observé, chez des

---

([3]) Chatton, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 859.
([4]) *Kern und Zellteilung bei marinen Ceratium-Arten* (*Arch. f. Prot.*, 20, 1901, p. 1-47).
([5]) *Comptes rendus Soc. Biol.*, 87, 1922, p. 845; *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 57, 1923, I, p. 108 à 130, et 58, 1924, I, p. 38 à 48.

Péridiniens, des noyaux différant par leur taille et le nombre de leurs chromosomes. Borgert l'explique par une division longitudinale, suivie d'une division transversale des chromosomes. Hovasse a fait intervenir des phénomènes d'ordre physicochimique pour expliquer ces variations. Pour ce qui est de leurs limites (de cinquante à un millier environ, qu'observe Hovasse chez *Zooxanthella Chattoni*) elles ne peuvent guère s'interpréter, à mon sens, que par la résolution à certains moments, des chromosomes en leurs chromomères. Quant au phénomène même de la variation de la taille des noyaux et de celle du nombre des chromosomes, il me semble qu'elle s'explique simplement par la succession des stades décrits plus haut.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude du rapport entre la dose de vitamine hydrosoluble hétérogène et la quantité des bactéries initialement ensemencées par le contrôle de l'activation de la croissance.* Note de MM. **Auguste Sartory, Jacques Meyer** et **Dominique Schmutz.**

Nous avons (1), à la suite d'expériences antérieures, émis l'hypothèse : « Il paraît exister une relation entre les poids de vitamine exogène et de bactéries ensemencées. » Muller a ensuite en collaboration avec nous établi : « L'optimum de croissance semble se manifester à la concentration initiale de $0^{\gamma},05$ de vitamine hydrosoluble pour 1^{cm^3} de milieu et à l'apport initial de $0^{cm^3},1$ de germes cultivés spécialement au préalable. »

Nous avons continué ces études en faisant varier d'un côté les doses de vitamines et de l'autre en modifiant les quantités de bactéries initialement ensemencées.

Nous nous croyons en droit de tirer les conclusions suivantes quant à nos expériences effectuées sur les vitamines B1 et B2 employées séparément.

I. A la dose de $0^{\gamma},05$ de vitamine et de $0^{cm^3},1$ de bactéries initialement ensemencées.

Muller (2) a trouvé la plus grande activation de la croissance après 48 heures. Nos nouveaux essais effectués dans les mêmes conditions, c'est-à-dire avec $0^{\gamma},05$ et $0^{cm^3},1$ de matériel initial d'ensemencement corres-

(1) A. et R. Sartory et J. Meyer, *Comptes rendus*, 206, p. 1414.

(2) W. H. Muller, *Thèse Pharm.*, Strasbourg, 1938.

pondent à cette constatation. Nous avons noté de plus que des doses croissantes de matériel d'ensemencement et des doses diminuantes de vitamines non seulement n'ont plus aucune activité, mais à certaines concentrations exercent une action inhibitrice sur la croissance. Avec des doses de vitamines dix fois inférieures à celles qui produisent l'action optima, nous ne constatons plus d'activation de la croissance bactérienne.

Tableau d'expériences néphélométriques exprimant nos résultats.

Heures	24.			48.			72.		
Dose d'ensemencement initiale	$0^{cm^3},1$.	$0^{cm^3},5$.	1^{cm^3}.	$0^{cm^3},1$.	$0^{cm^3},5$.	1^{cm^3}.	$0^{cm^3},1$.	$0^{cm^3},5$.	1^{cm^3}.
Expériences au moyen de 5^{γ}.									
Témoin	8,0	8,0	9,0	14,5	18,0	15,0	16,0	23,0	22,5
Vitamine B1	7,0	10,0	9,5	14,0	15,5	16,0	21,0	25,0	29,0
Vitamine B2	7,75	7,0	8,0	8,0	12,0	9,5	17,0	18,0	17,5
Expériences au moyen de $0^{\gamma},5$.									
Témoin	11,25	19,75	–	21,0	32,0	–	34,0	33,5	–
Vitamine B1	17,5	18,5	–	28,5	28,25	–	41,5	34,5	–
Vitamine B2	20,0	14,5	–	29,5	26,0	–	36,5	31,0	–
Expériences au moyen de $0^{\gamma},05$.									
Témoin	10,5	21,0	21,0	19,7	35,0	34,0	34,5	40,0	47,0
Vitamine B1	12,5	19,0	16,0	27,0	28,2	27,0	38,5	38,0	44,5
Vitamine B2	13,0	15,75	15,5	24,0	27,5	30,0	33,0	38,25	46,0

II. A la dose de 5^{γ} de vitamine et de doses croissantes de bactéries initialement ensemencées.

En partant de $0^{cm^3},1$ d'émulsion bactérienne nous observons seulement au cours du troisième jour une activation par les deux vitamines, il s'agit donc d'une activation retardée. En employant des quantités plus grandes de bactéries ($0^{cm^3},5$ et 1^{cm^3}) nous notons les phénomènes suivants pour la vitamine B1 : la culture ensemencée avec $0^{cm^3},5$ d'émulsion bactérienne présente une activation à peine visible, tandis que celle ensemencée au moyen de 1^{cm^3} d'émulsion bactérienne présente une augmentation nette en comparaison avec le témoin; ce qui correspond à notre première hypothèse : 5^{γ} de vitamine : activation optima pour 1^{cm^3} d'émulsion bactérienne; 5^{γ} de vitamine : pas d'activation sensible pour $0^{cm^3},5$ d'émulsion bactérienne.

Ici il y a donc un rapport entre le poids de la vitamine B1 hétérogène et celui de bactéries ensemencées.

Nos constatations au moyen de la vitamine B2 en diffèrent considérablement. Nous observons un retard en augmentant les doses de bactéries ensemencées. En travaillant au moyen de $0^{cm^3},5$ de culture initiale, nous remarquons même une véritable inhibition de la croissance et la dose de 5^{γ} de vitamine agit comme un toxique vis-à-vis de la quantité bactérienne initialement ensemencée. La vitamine B2 semble donc avoir un effet activant sur la croissance bactérienne seulement à des doses plus petites que $0^{\gamma},05$.

III. Des essais semblables ont été effectués à l'aide de $0^{\gamma},5$ de vitamine et $0^{cm^3},1$ resp. $0^{cm^3},5$ et 1^{cm^3} de culture spécialement préparée et ensemencée.

De l'ensemble de nos expériences nous pouvons donc confirmer notre hypothèse quant à la relation entre la dose de vitamine B1 hétérogène et la dose de bactéries ensemencées :

$$\frac{\text{Vitamine B1 } 0^{\gamma},05}{\text{Bactéries ensemencées } 0^{cm^3},1} = \text{dose optima,}$$

$$\frac{\text{Vitamine B1 } 0^{\gamma},5}{\text{Bactéries ensemencées } 0^{cm^3},1} = \text{dose activante, mais non pas optima,}$$

$$\frac{\text{Vitamine B1 } 5^{\gamma}}{\text{Bactéries ensemencées } 1^{cm^3}} = \text{dose optima.}$$

Pour la vitamine B2 nous constatons une activation seulement à la dose de $0^{\gamma},05$ et de $0^{\gamma},5$ en employant $0^{cm^3},1$ de culture bactérienne. Toutes les autres concentrations de vitamine B2 en rapport avec le matériel d'ensemencement semble occasionner une diminution de la croissance, et par suite obéir à d'autres lois physiologiques que la vitamine B1.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'action de la quinine sur les amibes : pénétration cellulaire et toxicité.* Note de MM. **Guillaume Valette** et **René Rollé**, présentée par M. Maurice Javillier.

La fixation de la quinine sur une cellule vivante peut être aisément décelée si l'on opère en lumière ultraviolette de telle manière que la fluorescence produite puisse être observée au microscope. L'un de nous a exposé [1] les résultats obtenus en appliquant cette technique à l'étude de la fixation de la quinine sur les paramécies.

---

[1] G. Valette, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 681.

Il nous a semblé qu'il y aurait intérêt à reprendre de semblables recherches sur des protozoaires moins différenciés, où la pénétration des substances dissoutes ne serait plus influencée par l'entraînement mécanique, dû aux battements des cils du péristome dans le cas des infusoires.

Nos expériences ont porté sur une amibe d'eau douce, *Amœba dubia* Schæffer, voisine d'*Amæba proteus* Leidy.

Ces amibes, cultivées sur milieux convenables (milieu au blé de Suydam Brehme et milieu au foin de Hopkins et Johnson), sont collectées par centrifugation lente, lavées à deux reprises à l'eau distillée et mises en contact avec une solution de sulfate de quinine de pH 3,2, cette valeur de pH correspondant au maximum de fluorescence.

Une goutte de liquide est placée entre lame et lamelle et la préparation est observée au microscope à fluorescence. On constate au bout d'un certain temps l'apparition d'une fluorescence bleue très intense, notamment en certains points correspondant à différentes inclusions cytoplasmiques ou vacuolaires. A partir d'un certain degré d'intoxication de l'amibe, la fluorescence diminue d'intensité pour se réduire, au moment de la mort, à une plage faiblement lumineuse sur toute son étendue.

On peut donc conclure de là que le sel de quinine pénètre dans le protoplasme de l'amibe et se fixe électivement en certains points particuliers du contenu cellulaire. On doit admettre qu'en ces points le sel d'alcaloïde se condense de telle sorte que la concentration du toxique à l'intérieur de la cellule est notablement plus élevée qu'à l'extérieur. Dans la période qui précède la mort, l'affinité des constituants protoplasmiques pour l'alcaloïde semble s'atténuer peu à peu.

En étudiant, en fonction de la concentration de la solution de sulfate de quinine, la vitesse de pénétration, que l'on peut apprécier en déterminant le temps au bout duquel la fluorescence commence à apparaître dans le protoplasme de l'amibe, nous avons trouvé entre la concentration et le temps la relation

$$C^{0,56}.t_1 = k.$$

Nous avons étudié parallèlement l'action toxique du sulfate de quinine sur des amibes de même espèce en déterminant, pour différentes concentrations alcaloïdiques, le temps au bout duquel se produit la mort du protozoaire. Ce moment est caractérisé par l'arrêt des mouvements protoplasmiques et les modifications de structure du noyau observé à l'ultramicroscope. Dans ces conditions, la relation concentration-temps est

$$C.t_2 = k'.$$

Le Tableau ci-dessous indique les résultats obtenus avec des solutions de sulfate de quinine de concentrations comprises entre $M.10^{-6}$ et $M.10^{-3}$.

Concentration des solutions C.	Temps d'apparition de la fluorescence en minutes t_1 (moyennes de 6 expériences).	$C^{0,56}.t_1$.	Temps d'intoxication en minutes t_2 (moyennes de 6 expériences).	$C.t_2$.
$M.10^{-6}$	28,3	0,0127	–	–
$M.10^{-5}.5$	19	0,0124	–	–
$M.10^{-5}.2$	13,5	0,0145	–	–
$M.10^{-5}$	8,83	0,0140	–	–
$M.10^{-4}.5$	6,16	0,0145	233,83	0,0047
$M.10^{-4}.2$	3,58	0,0139	98,83	0,00494
$M.10^{-4}$	2,33	0,0133	48,33	0,00483
$M.10^{-3}.5$	–	–	26,33	0,00529
$M.10^{-3}.2$	–	–	10,33	0,00516
$M.10^{-3}$	–	–	4,25	0,00425

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le rouge de scatol urinaire.* Note de MM. **Maurice Rangier** et **Pierre de Traverse**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Depuis les travaux de L. Maillard [1] le mécanisme chimique de la transformation de l'indican urinaire en hémi-indigotine sous l'influence de l'acide chlorhydrique et d'un oxydant léger (chlorate de potassium à 5 pour 1000) est bien établi. La coloration bleue obtenue, qui est soluble dans le chloroforme, est un indice de putréfactions intestinales et son intensité est sensiblement proportionnelle au degré de l'infection. Il n'en est pas de même de la substance soluble dans l'alcool amylique qui prend naissance dans les mêmes conditions et dont on ignore la constitution chimique; elle a reçu, suivant les auteurs, différents noms : rouge de scatol, uroroséine, uromélanine, uroérythrine, purpurine, urohématine.

En effectuant ces deux réactions sur de nombreuses urines nous avons constaté les faits suivants :

1° Il n'y a jamais proportionnalité entre ces deux réactions; certaines urines dépourvues d'indican donnent des colorations rouges intenses dans l'alcool amylique, tandis que des urines riches en indican ne donnent que de faibles teintes rouges.

2° Les urines fortement colorées donnent des réactions rouges très intenses; il y a proportionnalité constante entre la coloration des urines normales et l'intensité de la coloration.

3° Pour effectuer la réaction du rouge de scatol, l'addition d'un oxydant

(1) *Comptes rendus*, **132**, 1901, p. 990, et **134**, 1902, p. 470.

n'est pas indispensable; elle se produit aussi en chauffant l'urine normale en présence d'acide chlorhydrique au contact de l'air.

Nous nous sommes demandé si la substance rouge n'aurait pas pour origine l'urochrome, pigment jaune des urines normales. C'est ce que l'expérience a vérifié.

Ayant préparé, à l'aide du procédé indiqué par l'un de nous (2), de l'urochrome purifié par dialyse, nous avons pu avec ce pigment reproduire la réaction dite du rouge de scatol. L'intensité de la réaction est constamment proportionnelle à la quantité de pigment. D'autre part, l'urine normale, qui présente toujours la réaction rouge, débarrassée de son pigment jaune par le charbon, ou le sous-acétate de plomb, ne donne plus la réaction.

Le colorant rouge résulte donc de l'action de l'acide chlorhydrique sur l'urochrome, en présence de l'oxygène de l'air ou d'un oxydant léger.

L'urochrome est un polypeptide soufré, sur la nature duquel nous n'avons que des données peu précises. Nous pensons cependant que la substance rouge prend naissance par un mécanisme d'hydrolyse et d'oxydation, car elle ne contient pas de soufre comme le produit initial.

En résumé, en partant de l'urochrome, nous avons pu préparer le colorant appelé rouge de scatol. On ne saurait, de la réaction qui lui donne naissance avec l'urine, faire un indice de putréfactions intestinales analogue à l'indican.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de la constante de sédimentation de l'hémolysine*. Note (1) de M. **Mladen Paić**, présentée par M. Marcel Delépine.

La constante de sédimentation s d'un anticorps sérique peut être déterminée à l'aide de la relation

$$s = s' \frac{T'}{T} \varphi,$$

valable pour l'ultracentrifugation de mélanges à une vitesse de rotation donnée (2). Il suffit de fixer, en fonction du temps, la diminution de la concentration relative c_T/c_0 de l'anticorps et celle, c'_T/c'_0, d'un composant du sérum, tel que la globuline ou l'albumine, dont la constante de sédimentation s' est connue. T et T′ sont alors les temps de centrifugation pour

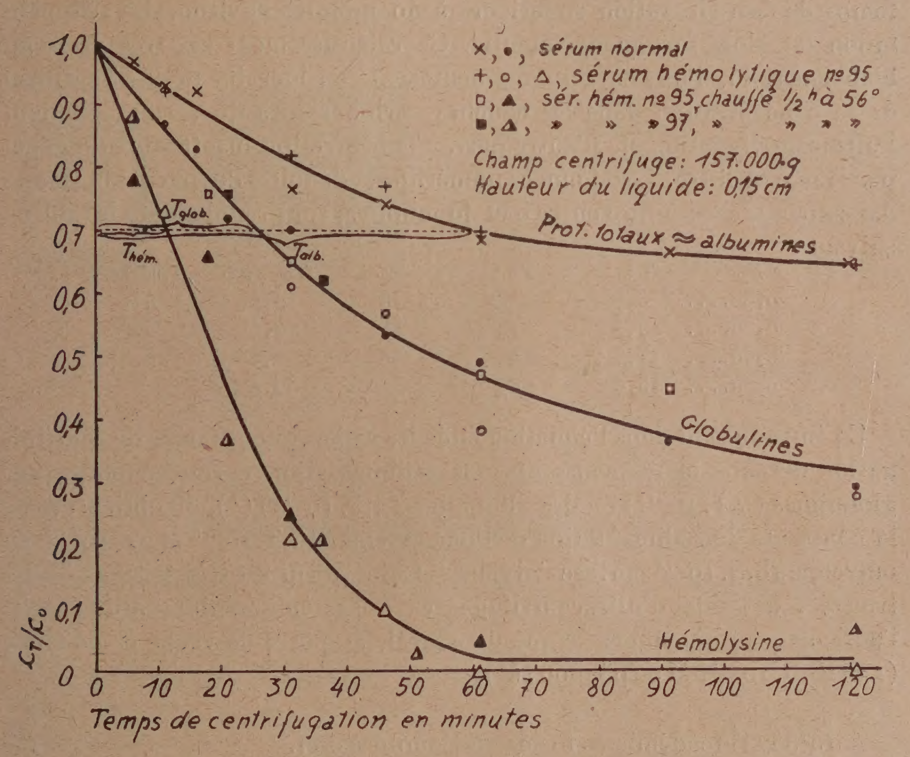
(2) M. Rangier, *Journal de pharm. et de chimie*, **22**, 1935, p. 357.

(1) Séance du 21 novembre 1938.

(2) M. Paić, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 629.

lesquels $c_T/c_0 = c'_T/c'_0$. Si l'on admet que les anticorps soient des protéides, le facteur φ se rapproche de l'unité et peut être négligé.

Nous avons déterminé de cette manière la constante de sédimentation de l'hémolysine spécifique de lapin anti-mouton. La préparation du sérum hémolytique et les conditions d'ultracentrifugation ont été celles décrites par Paić et Chorokhoff ([3]). L'hémolysine et les globulines ont été dosées



opacimétriquement ([4]). Quant aux albumines, leur concentration dans les sérums *non* inactivés a été supposée approximativement égale à celle des protéides totaux ([5]), dosés réfractométriquement ([6]). Tous les dosages ont été faits par Mme Marie Chorokhoff.

(3) *C. R. Soc. biol.*, 126, 1937, p. 877.

(4) M. Paić et M. Chorokhoff, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, p. 947; M. Paić et V. Deutsch, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, p. 1112.

(5) Cf. A. S. Mc Farlane, *Biochem. J.*, 29, 1935, p. 407, 660 et 1175.

(6) M. Paić et V. Deutsch, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1306; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, p. 1108.

Les courbes de sédimentation sont représentées sur la figure. Elles correspondent à plusieurs sérums hémolytiques, inactivés ou non, et à un sérum normal. On voit, d'une part, que l'inactivation n'influence ni la sédimentation de l'hémolysine, ni celle des globulines et que les albumines et les globulines du sérum normal sédimentent comme ceux des sérums hémolytiques. D'autre part, on remarque que les courbes sont anormales pour les temps de centrifugation supérieurs à 40 minutes environ. La sédimentation est alors fortement ralentie. Ce ralentissement est très vraisemblablement dû, d'une part à l'augmentation considérable de la viscosité et de la concentration dans les couches périphériques du sérum, pendant l'ultracentrifugation et, d'autre part, à la protection insuffisante du dépôt par le papier filtre. Les données numériques, déduites des parties normales des courbes, c'est-à-dire entre 0 et 40 minutes, sont réunies dans le tableau suivant :

c_T/c_0.	$T_{hém}$.	T_{glob}.	T_{alb}.	$T_{glob}/T_{hém}$.	$T_{alb}/T_{hém}$.
0,90....	3,7	8	15	2,2	4,1
0,80....	7,2	17	33	2,4	4,6
0,70....	11,3	26	60	2,3	5,3
0,60....	15,0	37	–	2,4	–

En introduisant dans l'équation citée les rapports des temps de centrifugation obtenus et les constantes de sédimentation correspondantes des globulines ($7,1.10^{-13}$) ou des albumines ($4,5.10^{-13}$) [7], on obtient, pour la constante de sédimentation de l'hémolysine, $16,3.10^{-13}$ et 21.10^{-13}, en moyenne $18,9.10^{-13}$ cm.sec^{-1} dynes^{-1}. Cette valeur est très voisine de celle trouvée, à l'aide d'ultracentrifugeuses à système d'observation, pour l'anticorps antipneumococcique de cheval, de porc, de vache et de singe ($s = 18,0.10^{-13}$, $M = 930000$) [8].

A 15^{h}55^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}20^m.

E. P.

---

(7) P. von Mutzenbecher, *Biochem. Z.*, 266, 1933, p. 226 et 250.

(8) E. A. Kabat et K. O. Pedersen, *Science*, 87, 1938, p. 372; M. Heidelberger et K. O. Pedersen, *J. exp. Med.*, 65, 1937, p. 393; J. Biscoe, F. Herčik et W. G. Wyckoff, *Science*, 83, 1936, p. 602.